



LIFE08 NAT/E/000078

**"Millora dels Hàbitats i Espècies de la Xarxa Natura 2000 de Banyoles:
Un projecte demostratiu"**



E.3 - SEGUIMENT CIENTÍFIC

Seguiment de peixos exòtics

**Seguiment del poblament de peixos exòtics de l'Estany de Banyoles
(2010-2013)**

Desembre 2013



CONSORCI DE
l'estany



Seguiment de peixos exòtics

Seguiment del poblament de peixos exòtics de l'Estany de Banyoles (2010-2013)

Desembre 2013

PRESENTACIÓ

El present Informe es redacta en el marc del "Projecte Estany"- Millora dels hàbitats i espècies de la xarxa natura 2000 de Banyoles: Un projecte demostratiu- (LIFE08 NAT/E/000078), corresponent a l'acció E.3. de "Seguiment científic del LIFE".

Equip director:

Miquel Campos i Llach. Coordinador tècnic del projecte Estany

Quim Pou i Rovira . Tècnic especialista del projecte Estany

Redacció:

Quim Pou i Rovira . Tècnic especialista del projecte Estany

Promotor:

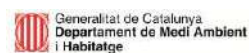


Finançat per:

Beneficiaris



Cofinançadors



Índex

	pàg.
RELACIÓ DE FIGURES	1
RELACIÓ DE TAULES	6
1.- RESUMS	7
1.1.- RESUM (EN CATALÀ)	7
1.2.- RESUMEN (EN ESPAÑOL)	9
2.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	11
3.- METODOLOGIA	14
3.1.- SEGUIMENTS A LES RIERES D'ENTRADA	14
3.2.- CAMPANYES DE CONTROL	17
3.2.- ANÀLISI DE DADES	22
4.- RESULTATS: RIERES D'ENTRADA	23
5.- RESULTATS: ESTANY	26
5.1.- EFICIÈNCIA DE LES TÈCNiques DE CAPTURA	26
5.1.1- CONDICIONS ABIÒTIQUES	26
5.1.2- EFICIÈNCIA COMPARADA PER TÈCNICA	29
<i>Rendiment de pesca</i>	29
<i>Espectre de mides</i>	30
5.1.3- EFICIÈNCIA DE LA PESCA ELÈCTRICA AMB EMBARCACIÓ	45
<i>Caracterització i quantificació de l'esforç</i>	45
<i>Anàlisi de l'eficiència de pesca: perca americana</i>	47
<i>Anàlisi de l'eficiència de pesca: peix sol</i>	49
5.1.4- EFICIÈNCIA DE LES XARXES	63
5.2.- EFECTES DEL CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS	76
5.2.1.- ESFORÇ TOTAL	76
5.2.2.- CAPTURES TOTALS	80
5.2.3.- PERCA AMERICANA	85
<i>Aproximació inicial a les estructures de mides</i>	85
<i>Anàlisi de sèries temporals d'estructures de mides (captures mensuals)</i>	85
<i>Anàlisi de sèries temporals d'estructures de mides (captures hivernals)</i>	86
<i>Anàlisi simplificat de tendències temporals de l'estructura de mides</i>	87
<i>Perfils de supervivència</i>	87
<i>Longitud mitjana</i>	88
<i>Condició</i>	89

5.2.4.- PEIX SOL	114
<i>Aproximació inicial a les estructures de mides</i>	114
<i>Anàlisi simplificat de tendències temporals de l'estructura de mides</i>	114
<i>Perfils de supervivència</i>	114
<i>Longitud mitjana</i>	116
<i>Condició</i>	116
5.2.5.- PERCA	128
5.2.6.- SANDRA	132
5.2.7.- CARPA	135
5.2.8.- ALTRES ESPÈCIES	139
6.- RESULTATS: ESTANYOL DEL VILAR	140
6.1.- ESFORÇ I CAPTURES TOTALS	140
6.2.- PERCA AMERICANA	144
6.3.- PEIX SOL	149
6.4.- CARPA	152
7.- CONCLUSIONS	154
RIERES D'ENTRADA A L'ESTANY	154
ESTANY: EFICIÈNCIA DE LES TÈCNIQUES DE CAPTURA	154
ESTANY: CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS	155
ESTANYOL DEL VILAR: CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS	156
8.- RECOMANACIONS DE GESTIÓ I CRITERIS DE PLANIFICACIÓ DE NOVES CAMPANYES DE CONTROL DE PEIXOS EXÒTICS	157
RECOMANACIONS DE GESTIÓ DE L'ESPAI NATURAL	157
CRITERIS DE PLANIFICACIÓ DE NOVES CAMPANYES DE CONTROL DE PEIXOS EXÒTICS	158
9.- BIBLIOGRAFIA	160
ANNEXES	
A-I.- Dades del mostreig de seguiment a les rieres	
A-II-A.- Dades de les campanyes de control (pesca elèctrica): dates, posició i esforç	
A-II-B.- Dades de les campanyes de control (pesca elèctrica): biometria de les captures	
A-III-A.- Dades de les campanyes de control (xarxes): dates, posició i esforç	
A-III-B.- Dades de les campanyes de control (xarxes): biometria de les captures	
A-IV-A.- Dades de les campanyes de control (trampes grans): dates, esforç i captures	
A-IV-B.- Dades de les campanyes de control (trampes grans): biometria de les captures	
A-V-A.- Dades de les campanyes de control (palangres): dates, posició i esforç	
A-V-B.- Dades de les campanyes de control (palangres): biometria de les captures	
A-VI-A.- Dades de les campanyes de control al Vilar (pesca elèctrica): dates, posició i esforç	
A-VI-B.- Dades de les campanyes de control al Vilar (pesca elèctrica): biometria de les captures	

RELACIÓ DE FIGURES

	pàg.
Figura 3.1.- Estacions de seguiment dels peixos autòctons a les rieres d'entrada de l'Estany de Banyoles.	15
Figura 3.2.- Imatges del mostreig de seguiment amb trames de tipus barbol a les rieres.	16
Figura 3.3.- Imatges de la pesca elèctrica amb embarcació a l'Estany de Banyoles i el Vilar.	18
Figura 3.4.- Imatges de la pesca amb xarxes a l'Estany de Banyoles i el Vilar.	19
Figura 3.5.- Imatges dels principals models de gran trampa utilitzats a l'Estany de Banyoles.	20
Figura 3.6.- Imatges dels palangres provats a l'Estany de Banyoles.	21
Figura 4.1.- Densitat relativa observada a les rieres d'entrada a l'Estany, per campanya, estació i espècie.	24
Figura 4.2.- Proporció de captures entre espècies a les rieres d'entrada a l'Estany, per campanya i estació.	25
Figura 5.1.1.- Evolució de la temperatura superficial de l'aigua a l'Estany de Banyoles entre 2010 i 2013.	27
Figura 5.1.2.- Evolució de la conductivitat superficial de l'aigua a l'Estany de Banyoles entre 2010 i 2013.	28
Figura 5.1.3.- Rendiment de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	32
Figura 5.1.4.- Rendiment mitjà de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura i espècie.	33
Figura 5.1.5.- Evolució estacional del rendiment de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	34
Figura 5.1.6.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la perca americana, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	36
Figura 5.1.7.- Evolució estacional del rendiment de pesca del peix sol, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	37
Figura 5.1.8.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la perca, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	38
Figura 5.1.9.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la sandra, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	39
Figura 5.1.10.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la carpa, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura.	40
Figura 5.1.11.- Longitud mitjana de les captures globals de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per espècie.	41
Figura 5.1.12.- Longitud mitjana de les captures globals de perca americana i peix sol de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura.	42
Figura 5.1.13.- Longitud mitjana de les captures globals de perca i sandra de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura.	43

RELACIÓ DE FIGURES (continuació)

	pàg.
Figura 5.1.14.- Longitud mitjana de les captures globals de carpa de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura.	44
Figura 5.1.15.- Relació entre la duració total de cada pesca (Temps 1), i el temps de funcionament de l'equip de pesca elèctrica o temps efectiu de pesca (Temps 2).	51
Figura 5.1.16.- Relació entre la longitud del tram de pesca i el temps de pesca.	51
Figura 5.1.17.- Mitjanes del temps de pesca i la intensitat de pesca, per tram de pesca.	52
Figura 5.1.18.- Relació entre les mitjanes per tram de pesca del temps de pesca i la intensitat de pesca.	53
Figura 5.1.19.- Relació entre la longitud del tram de pesca i la mitjana de la intensitat de pesca.	53
Figura 5.1.20.- Patrons de variació de la intensitat de pesca en funció de diversos factors: mes de l'any, any, hora solar, direcció del vent, potència del cinyell d'helòfits, perfil batimètric i sector de l'Estany	54
Figura 5.1.21.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pels factors Grup de mida X Perfil batimètric, Potència del cinyell de vegetació helofítica, i Sector de l'Estany.	56
Figura 5.1.22.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Mes de l'any.	57
Figura 5.1.23.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat).	58
Figura 5.1.24.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pels factors Sector de l'Estany i Perfil batimètric.	60
Figura 5.1.25.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat).	61
Figura 5.1.26.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Mes de l'any.	62
Figura 5.1.27.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per sector de l'Estany.	65
Figura 5.1.28.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per sector de l'Estany	66
Figura 5.1.29.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (>60mm), per sector de l'Estany	67
Figura 5.1.30.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per estrat batimètric.	30
Figura 5.1.31.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per estrat batimètric.	69
Figura 5.1.32.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (>60mm), per estrat batimètric.	70
Figura 5.1.33.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per espècie, estació i estrat batimètric.	71

RELACIÓ DE FIGURES (continuació)

	pàg.
Figura 5.1.34.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per espècie, estació i estrat batimètric.	72
Figura 5.1.35.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (> 60mm), per espècie, estació i estrat batimètric.	73
Figura 5.1.36.- Longitud mitjana de les captures amb tresmalls, per tipus de tresmall, espècie, i sector de l'Estany.	74
Figura 5.1.37.- Longitud mitjana de les captures amb tresmalls, per tipus de tresmall, espècie, i estrat batimètric.	75
Figura 5.2.1.- Repartició de l'esforç de pesca de les campanyes de control, per temporada i tècnica de captura.	78
Figura 5.2.2.- Esforç acumulat de pesca elèctrica, mesurat com a temps de pesca, al llarg de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles.	79
Figura 5.2.3.- Proporció per espècie de les captures totals de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles fetes entre 2010 i 2013	83
Figura 5.2.4.- Proporció per espècie de les captures totals de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles fetes entre 2010 i 2013, per tècnica de captura.	84
Figura 5.2.5.- Estructures de mides de les captures generals de perca americana durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles, per anualitat.	91
Figura 5.2.6.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual, i ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm).	92
Figura 5.2.7.- Evolució de les mitjanes de longitud per cohort, obtingudes mitjançant l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual.	96
Figura 5.2.8.- Evolució del coeficient de variació de la de longitud per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual.	96
Figura 5.2.9.- Evolució de la densitat relativa per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual	97
Figura 5.2.10.- Evolució de les proporcions de captures entre grups d'edat, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual.	98
Figura 5.2.11.- Evolució de les proporcions de captures per grup d'edat, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual.	99
Figura 5.2.12.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals, ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm)	101
Figura 5.2.13.- Evolució de la densitat relativa per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals	102

RELACIÓ DE FIGURES (continuació)

	pàg.
Figura 5.2.14.- Evolució de les proporcions de captura, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals	103
Figura 5.2.15.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de perca americana (amb pesca elèctrica), per grup de mida.	104
Figura 5.2.16.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins al darrer "zero".	106
Figura 5.2.17.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència II (mortalitat variable) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica).	107
Figura 5.2.18.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins als 4 anys.	108
Figura 5.2.19.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana global, i de paràmetres relacionats, de les captures mensuals de perca americana (amb pesca elèctrica).	109
Figura 5.2.20.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició de la perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat).	111
Figura 5.2.21.- Estructures de mides de les captures generals de peix sol durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles, per anualitat.	117
Figura 5.2.22.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de peix sol (amb pesca elèctrica), per grup de mida. Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central	118
Figura 5.2.23.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins al primer "zero".	120
Figura 5.2.24.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des dels 4 anys d'edat fins al primer "zero".	121
Figura 5.2.25.- Evolució de la densitat relativa de peix sol, per grup de mida, i per mostres hivernals al llarg del període 2010-2013.	122
Figura 5.2.26.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana global, i de paràmetres relacionats, de les captures mensuals de peix sol (amb pesca elèctrica).	123
Figura 5.2.27.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició del peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat).	125
Figura 5.2.28.- Estructures de mides de les captures generals de perca durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles.	129

RELACIÓ DE FIGURES (continuació)

	pàg.
Figura 5.2.29.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de perca, amb les diverses tècniques de captura emprades.	130
Figura 5.2.30.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de perca (amb pesca elèctrica).	131
Figura 5.2.31.- Estructures de mides de les captures generals de sandra durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles.	133
Figura 5.2.32.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de sandra, amb les diverses tècniques de captura emprades.	134
Figura 5.2.33.- Estructures de mides de les captures generals de carpa durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles.	136
Figura 5.2.34.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de carpa, amb les diverses tècniques de captura emprades.	137
Figura 5.2.35.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de carpa (amb pesca elèctrica).	138
Figura 6.1.- Proporció per espècie de les captures totals a l'Estanyol del Vilar.	143
Figura 6.2.- Estructures de mides de la perca americana a l'Estanyol del Vilar.	145
Figura 6.3.- Captures de perca americana per ocasió consecutiva de pesca elèctrica durant la campanya d'abril de 2012 a l'Estanyol del Vilar, i estimació per regressió lineal de l'abundància absoluta (població inicial) en aquesta massa d'aigua.	146
Figura 6.4.- Probabilitat de captura, abundància absoluta (població inicial) i proporció de població eliminada de la perca americana, per campanya de pesca elèctrica a l'Estanyol del Vilar.	148
Figura 6.5.- Estructures de mides del peix sol a l'Estanyol del Vilar.	150
Figura 6.6.- Probabilitat de captura, abundància absoluta (població inicial) i proporció de població eliminada del peix sol, per campanya de pesca elèctrica a l'Estanyol del Vilar.	151
Figura 6.7.- Estructura de mides de la carpa a l'Estanyol del Vilar.	152
Figura 6.8.- Captures de carpa per ocasió consecutiva de pesca elèctrica durant la campanya d'abril de 2012 a l'Estanyol del Vilar, i estimació per regressió lineal de l'abundància absoluta () en aquesta massa d'aigua.	153

RELACIÓ DE TAULES

	pàg.
Taula 5.1.- Descripció de les mesures de l'esforç de pesca per tècnica de captura, i uniformització per a establir comparacions dels resultats entre aquestes tècniques.	31
Taula 5.2.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana per tram de pesca, al llarg de totes les campanyes de pesca elèctrica (2010-2013).	55
Taula 5.3.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol per tram de pesca, al llarg de totes les campanyes de pesca elèctrica (2010-2013).	59
Taula 5.4.- Esforç total de pesca de les campanyes de control, per temporada i tècnica de captura.	77
Taula 5.5.- Captures totals (Individus) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles (2010-2013), per espècie i tècnica de pesca.	81
Taula 5.6.- Captura en biomassa total (Kg) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles (2010-2013), per espècie i tècnica de pesca	82
Taula 5.7.- Ajustament de models de supervivència a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat (assignat des dels grups de mida, mitjançant corbes de creixement), en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica).	105
Taula 5.8.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG sobre la condició de la perca americana a l'Estany de Banyoles durant el període 2010-2013 (només captures amb pesca elèctrica).	110
Taula 5.9.- Ajustament de models de supervivència a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat (assignat des dels grups de mida, mitjançant corbes de creixement), en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica).	119
Taula 5.10.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG sobre la condició del peix sol a l'Estany de Banyoles durant el període 2010-2013 (només captures amb pesca elèctrica).	124
Taula 6.1.- Esforç total de pesca de les campanyes de control a l'Estanyol del Vilar, per campanya i tècnica de captura.	140
Taula 6.2.- Captures totals (Individus) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estanyol del Vilar (2011-2013), per espècie i tècnica de pesca.	141
Taula 6.3.- Captures en biomassa total (Kg) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estanyol del Vilar (2011-2013), per espècie i tècnica de pesca.	142

1.- RESUMS

1.1.- RESUM (EN CATALÀ)

Antigament, el poblament de peixos de l'Estany de Banyoles estava integrat tan sols per cinc espècies: l'espínós (*Gasterosteus aculeatus*), la bagra (*Squalius laietanus*), el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), l'anguila (*Anguilla anguilla*) i la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*). Després d'un ampli historial d'introduccions de peixos exòtics, el 2010 el poblament de peixos es trobava en una situació d'extrem deteriorament: més del 99% de la biomassa íctica de l'Estany corresponia a espècies introduïdes. Les espècies actualment més abundants són la perca americana (*Micropterus salmoides*), el peix sol (*Lepomis gibbosus*), la carpa (*Cyprinus carpio*), la perca (*Perca fluviatilis*) i la sandra (*Sander lucioperca*). El control o descastament poblacional d'aquestes espècies s'ha identificat com el principal mètode viable, amb els mitjans actuals, per a donar opció a la recuperació de diverses espècies i hàbitats d'interès comunitari de l'Estany.

En aquest context, els objectius concrets definits en el *Projecte Estany* pel que fa als peixos exòtics han estat, sintèticament: I) implementació d'una estratègia de lluita a gran escala contra els peixos exòtics a l'Estany de Banyoles; II) realització d'assajos amb diverses tècniques de captura de peixos i de diversos procediments d'aplicació d'aquestes, i III) reducció significativa de les poblacions de les principals espècies de peixos exòtics presents.

L'Estany de Banyoles és un sistema molt estable. La principal variació del medi, amb efectes notables sobre l'eficiència de les tècniques de captura de peixos, es dona estacionalment en la temperatura i la terbolesa de l'aigua. Comparativament, la tècnica de captura que presenta un major rendiment de pesca és la pesca elèctrica amb embarcació, seguida per aquest ordre de les trampes grans, els tresmall, les soltes grans i els palangres. La pesca elèctrica, a més, és la tècnica que genera un espectre de mides de les captures més ampli; per aquesta tècnica, la principal font de variació de l'eficiència de pesca és l'estacionalitat. Per altra banda, les millors tècniques complementàries a la pesca elèctrica són les grans trampes i els palangres.

En total, s'han capturat i enretirat de l'Estany més de 117.000 peixos exòtics, corresponents a una biomassa total de 9,5 TM, i majoritàriament a les 5 espècies ja esmentades. Per a la perca americana, s'ha assolit un augment gradual i sostingut de la taxa de mortalitat al llarg del projecte; això s'ha reflectit en una forta disminució de la densitat relativa dels exemplars grans (>20cm), superior al 80%, mentre que la densitat d'exemplars mitjans (10-20cm) s'ha mantingut estable, i per contra la dels més petits (<10cm) ha augmentat a l'entorn d'un 20%. En conseqüència, la longitud mitjana de la població general d'aquesta espècie ha anat disminuint gradualment al llarg del projecte. Pel que fa al peix sol, els resultats no són clars, i a més són poc consistents entre els diversos mètodes analítics emprats; aparentment, la seva població s'hauria mantingut força estable o bé, com a molt, s'hauria produït un cert augment de la densitat, temporal i no sostingut. La carpa ha mostrat la resposta més

destacable al control de peixos exòtics, amb una reducció de la seva població global superior al 85%.

A l'estanyol del Vilar, en total s'hi han capturat i enretirat més de 10.000 peixos exòtics, corresponents a una biomassa total de 0,6 TM, i repartits sobretot entre 3 espècies: perca americana, peix sol i carpa. En el cas de la perca americana, s'ha aconseguit una disminució gradual dels estocs d'exemplars mitjans i grans, fins assolir una reducció central del 60%, mentre que els exemplars petits han duplicat la seva densitat absoluta. Pel peix sol, s'ha aconseguit una reducció superior al 50% de l'estoc des grans exemplars (>12,5cm), mentre que la densitat dels exemplars de mida petita i mitjana ha augmentat. La carpa ha estat pràcticament eradicada de l'estanyol.

Finalment, s'han redactat una sèrie de propostes de gestió i de criteris bàsics per a la planificació de futures campanyes de control de peixos exòtics, per a garantir el manteniment o fins i tot la millora dels resultats assolits amb aquest projecte.

1.2.- RESUMEN (EN ESPAÑOL)

Antiguamente, el poblamiento de peces del lago de Banyoles estaba integrado solo por cinco especies: espinoso (*Gasterosteus aculeatus*), bagra (*Squalius laietanus*), barbo de montaña (*Barbus meridionalis*), anguila (*Anguilla anguilla*) y fraile (*Salaria fluviatilis*). Después de un amplio historial de introducciones de peces exóticos, en el 2010 el poblamiento de peces se encontraba en una situación de extremo deterioro: más del 99% de la biomasa íctica del lago correspondía a especies introducidas. Las especies actualmente más abundantes son la perca americana (*Micropterus salmoides*), la perca sol (*Lepomis gibbosus*), la carpa (*Cyprinus carpio*), la perca (*Perca fluviatilis*) y la lucioperca (*Sander lucioperca*). El control o descaste poblacional de estas especies se ha identificado como el principal método viable, con los medios actuales, para dar opción a la recuperación de diversas especies y hábitats de interés comunitario del lago.

En este contexto, los objetivos concretos definidos en el *Projecte Estany* por lo que se refiere a los peces exóticos han sido, sintéticamente: I) implementación de una estrategia de lucha a gran escala contra los peces exóticos en el lago de Banyoles; II) realización de ensayos con diversas técnicas de captura de peces y de diversos procedimientos de aplicación de estas, i III) reducción significativa de las poblaciones de las principales especies de peces exóticos presentes.

El lago de Banyoles es un sistema muy estable. La principal variación del medio, con efectos notables sobre la eficiencia de las técnicas de captura de peces, se da estacionalmente en la temperatura y la turbidez del agua. Comparativamente, la técnica de captura que presenta un mayor rendimiento de pesca es la pesca eléctrica con embarcación, seguida por este orden de las trampas grandes, los trasmallos, las agalladeras grandes y los palangres. La pesca eléctrica, además, es la técnica que genera un espectro de tallas de las capturas más amplio; para esta técnica, la principal fuente de variación de la eficiencia de pesca es la estacionalidad. Por otra parte, las mejores técnicas complementarias a la pesca eléctrica son las trampas grandes y los palangres.

En total, se han capturado y retirado del lago más de 117.000 peces exóticos, correspondientes a una biomasa total de 9,5 TM, y mayoritariamente a las 5 especies ya mencionadas. Para la perca americana, se ha conseguido un aumento gradual y sostenido de la tasa de mortalidad a lo largo del proyecto; esto se ha reflejado en una fuerte disminución de la densidad relativa de los ejemplares grandes (>20cm), superior al 80%, mientras que la densidad de ejemplares medianos (10-20cm) se ha mantenido estable, y contrariamente la de los más pequeños (<10cm) ha aumentado entorno a un 20%. En consecuencia, la longitud media de la población general de esta especie ha ido disminuyendo gradualmente a lo largo del proyecto. En cuanto a la perca sol, los resultados no son claros, y además son poco consistentes entre los diversos métodos analíticos utilizados; aparentemente, su población se habría mantenido bastante estable o bien, como mucho, se habría producido un cierto aumento de la densidad, temporal y no sostenido. La carpa ha mostrado la respuesta

más destacable al control de peces exóticos, con una reducción de su población global superior al 85%.

En el *estanyol* del Vilar, en total se han capturado y retirado más de 10.000 peces exóticos, correspondientes a una biomasa total de 0,6 TM, y repartidos sobretudo entre 3 especies: perca americana, perca sol y carpa. En el caso de la perca americana, se ha conseguido una disminución gradual de los estocs de ejemplares mediano y grandes, hasta conseguir una reducción central del 60%, mientras que los ejemplares pequeños han duplicado su densidad absoluta. Para la perca sol, se ha conseguido una reducción superior al 50% del estoc de grandes ejemplares (>12,5cm), mientras que la densidad de los ejemplares de tamaño medio y pequeño ha aumentado. La carpa ha sido prácticamente erradicada de esta pequeña masa de agua.

Finalmente, se ha redactado una serie de propuestas de gestión y de criterios básicos para la planificación de futuras campañas de control de peces exóticos, para garantizar el mantenimiento o incluso la mejora de los resultados conseguidos con este proyecto.

2.- INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Antigament, el poblament de peixos de l'Estany de Banyoles estava integrat tan sols per cinc o sis espècies, coincidint amb la composició específica del tram mitjà de la conca del Ter. Aquestes espècies eren l'espínós (*Gasterosteus aculeatus*), la bagra (*Squalius laietanus*) (= *S. cephalus*), el barb de muntanya (*Barbus meridionalis*), l'anguila (*Anguilla anguilla*) i la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*). En el cas de la tenca (*Tinca tinca*) encara no es té la certesa sobre el seu estatus original; s'ha suggerit que possiblement fou introduïda en temps antics. Totes aquestes espècies es poden considerar pròpies de trams mitjans i baixos de cursos fluvials, o de capçaleres de muntanya mitjana mediterrània.

L'historial de les introduccions de peixos al·lòctons a l'Estany de Banyoles està força ben establerta. El 1910, el Dr. Francesc Darder y Llimona promogué els primers alliberaments de peixos a l'Estany. En aquells primers episodis de la història de les introduccions de peixos a Banyoles, s'introduïren fins a set noves espècies, incloent la carpa (*Cyprinus carpio*), el gardí (*Scardinius erythrophthalmus*) i el peix sol (*Lepomis gibbosus*), avui encara presents.

Més endavant, durant la dècada dels cinquanta, de la mà de tècnics francesos i del Servicio Nacional de Pesca Fluvial y Caza, es va iniciar la moda de les introduccions de grans depredadores amb el luci (*Esox lucius*). Durant els anys 60s es varen dur a terme diverses "re poblacions" amb carpa provinent del Baix Empordà. Probablement com a conseqüència d'aquestes operacions, al cap de poc es cita per primer cop la gambúsia (*Gambusia holbrooki*) i el carpí (*Carassius auratus*). També fou durant aquesta dècada que l'antic ICONA comença a alliberar perca americana o "black-bass" (*Micropterus salmoides*), un nou depredador que havia de proporcionar bones captures als pescadors. Aquesta espècie, d'origen nord-americà, és una de les que actualment dominen a la comunitat íctica.

El 1990 es va capturar la primera perca (*Perca fluviatilis*), que juntament amb altres espècies que la segueixen, com ara la madrilleta vera (*Rutilus rutilus*), la sandra (*Sander lucioperca*) o el llopet de riu italià (*Cobitis bileniata*), suposen una nova onada d'introduccions, en aquest cas furtives, i que per altra banda semblen no tenir aturador. La darrera espècie exòtica detectada a l'Estany, el 2010, ha estat el barb de l'Ebre (*Luciobarbus graellsii*).

Després d'aquest ampli historial d'introduccions, el 2010 el poblament de peixos de l'Estany de Banyoles es trobava en una situació de deteriorament excepcional respecte a la seva composició original. Més del 99% de la biomassa íctica de l'Estany corresponia a espècies introduïdes. Tan sols la bavosa de riu era encara

mitjanament abundant, tot i estar en declivi. L'anguila presentava una densitat baixa i fluctuant, mentre que l'espínós s'ha extingit. Pel que fa als dos ciprínids autòctons, el barb de muntanya i la bagra, presentaven tan sols poblacions residuals de poca entitat demogràfica, acantonades i aïllades en algunes rieres que drenen cap a l'Estany.

A Banyoles, el principal factor de pèrdua de biodiversitat que s'ha identificat és la presència i proliferació d'espècies exòtiques invasores, sobretot de peixos exòtics. L'hàbitat, la qualitat de l'aigua, i en l'estat ecològic global de l'Estany no han empitjorat, sinó que més aviat s'ha observat una certa recuperació general durant els darrers 20 anys. És en aquest context, que s'ha plantejat el Projecte Estany, el qual, a grans trets, pretén aconseguir la recuperació de diversos elements d'interès de la biodiversitat d'aquest espai natural a través sobretot del control demogràfic de les espècies exòtiques, inclosos els peixos (Acció C1). El control o descartament poblacional dels peixos exòtics de l'Estany ha de donar opció a la recuperació de diverses espècies i hàbitats d'interès comunitari.

Els objectius concrets definits en el Projecte Estany pel que fa als peixos exòtics són els següents:

- Implementació d'una estratègia de lluita a gran escala contra els peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, a fi de minimitzar el seu efecte sobre les espècies i hàbitats d'interès comunitari.
- Assaig de diverses tècniques de captura de peixos, i de diversos procediments d'aplicació d'aquestes, per a optimitzar el control demogràfic de les espècies exòtiques, i fer-lo eficient i sostenible en el temps.
- Reducció significativa de les principals espècies de peixos exòtics de l'Estany de Banyoles: perca americana, peix sol, perca, sandra, carpa, i altres peixos menys abundants. Com a excepció, la gambúsia i el llopet de riu italià no han estat objecte directe de control.

En el context de l'Acció E3 (Seguiment científic) del Projecte Estany, un dels blocs objecte de seguiment han estat doncs les poblacions de peixos exòtics, amb els següents objectius específics:

- Conèixer l'evolució de poblacions de peixos exòtics, i analitzar l'eficàcia de les accions executades en el marc d'aquest projecte destinades al seu control.

- Analitzar el resultat dels assajos, proves i procediments operatius aplicats per a les diverses tècniques de captura de peixos utilitzades, a fi d'establir una estratègia eficient de control de peixos exòtics a llarg termini, amb objectius parcials assumibles i jerarquitzats pel seu cost i eficiència.

3.- METODOLOGIA

3.1.- SEGUIMENTS A LES RIERES D'ENTRADA

Les dues rieres d'entrada a l'Estany amb cabal durant tot l'any són la Riera de Lió i la Riera de Can Morgat, dos petits cursos molt encaixats en el terreny, amb una configuració morfològica més aviat de rec a bona part del seu recorregut, per altra banda força curt (0,7 i 1,6 km, respectivament). Malgrat la seva poca entitat, el fet que aquestes rieres s'alimentin de surgències càrstiques, garanteix un cabal considerable permanentment, de forma que l'hàbitat és fortament reòfil a bona part del seu curs. Això explica que constitueixin un bon hàbitat i refugi per als ciprínids autòctons, alhora que es tracta d'ambients difícilment colonitzables pels peixos exòtics de l'Estany, almenys en bona part del seu recorregut. Amb tot resultava convenient fer-ne el seguiment, a fi de conèixer l'evolució de les poblacions d'exòtiques en aquests cursos, a banda de la de les poblacions de peixos autòctons.

La resta de cursos d'entrada superficial a l'estany o bé no tenen un cabal permanent, o bé només estan inundats al tram final de connexió a l'Estany, configurant-se així com a meres digitacions d'aquest, de forma que l'hàbitat no permet l'establiment de ciprínids, o bé en alguns ni tan sols de peixos.

Pel seguiment dels peixos d'aquestes rieres d'entrada a l'Estany s'ha hagut de descartar l'ús de la pesca elèctrica, per les dificultats d'accés i trànsit a bona part del seu recorregut, excessivament embardissat o ple de vegetació caiguda. Per tant, s'ha optat per l'ús de trampes de tipus barbol amb llum de malla de 0,5mm (Figura 1). Aquest sistema s'ha demostrat com a altament eficient per al mostreig de peixos i altres organismes aquàtics en petits cursos fluvials. Permet una fàcil estandardització de l'esforç d'un mostreig a l'altre, fent els resultats plenament comparables mitjançant l'ús de simples índexs relatius d'abundància (Captures Per Unitat d'Esforç, CPUEs). Alhora, es tracta d'una tècnica de captura no lesiva per als peixos i altres organismes aquàtics, que permet el seu retorn en bones condicions al medi. De fet, en mostrejors de seguiment previs al Projecte Estany ja s'havia estat utilitzant aquesta tècnica.

S'han fet mostrejors en 9 estacions disposades al llarg del recorregut d'aquestes rieres (Figura 2). A cada estació s'hi han col·locat entre 2 i 5 trampes, en funció de les dificultats d'accés i la complexitat de l'hàbitat fluvial. Les trampes han estat calades a l'aigua entre un i dos dies, depenent de la temperatura de l'aigua.

Malauradament, un dels handicaps d'aquesta tècnica és la captura accidental d'altra fauna aquàtica, especialment d'herpetofauna. Generalment, els amfibis no solen

morir, però en els cas de les tortugues aquàtiques es sol donar una certa mortalitat per ofegament, sobretot dels juvenils. Donat que en aquesta zona és on s'han concentrat els alliberaments de juvenils de tortuga d'estany pel reforçament de la seva població a l'espai natural (Acció C4), es van haver d'optar per no fer campanyes de seguiment de peixos durant el segon i el tercer any del projecte, a fi de minimitzar el risc de produir morts sobre aquests juvenils recentment alliberats. Per tant, finalment s'han dut a terme tan sols 4 campanyes, dues el 2010 (juny i novembre) i les altres dues el darrer any, el 2013 (març i novembre). Les campanyes del darrer any s'han fet, amb tot, fora de l'època d'activitat de les tortugues, i un cop ja s'havia comprovat que aquestes tenien poca tendència a ocupar de forma permanent les rieres.

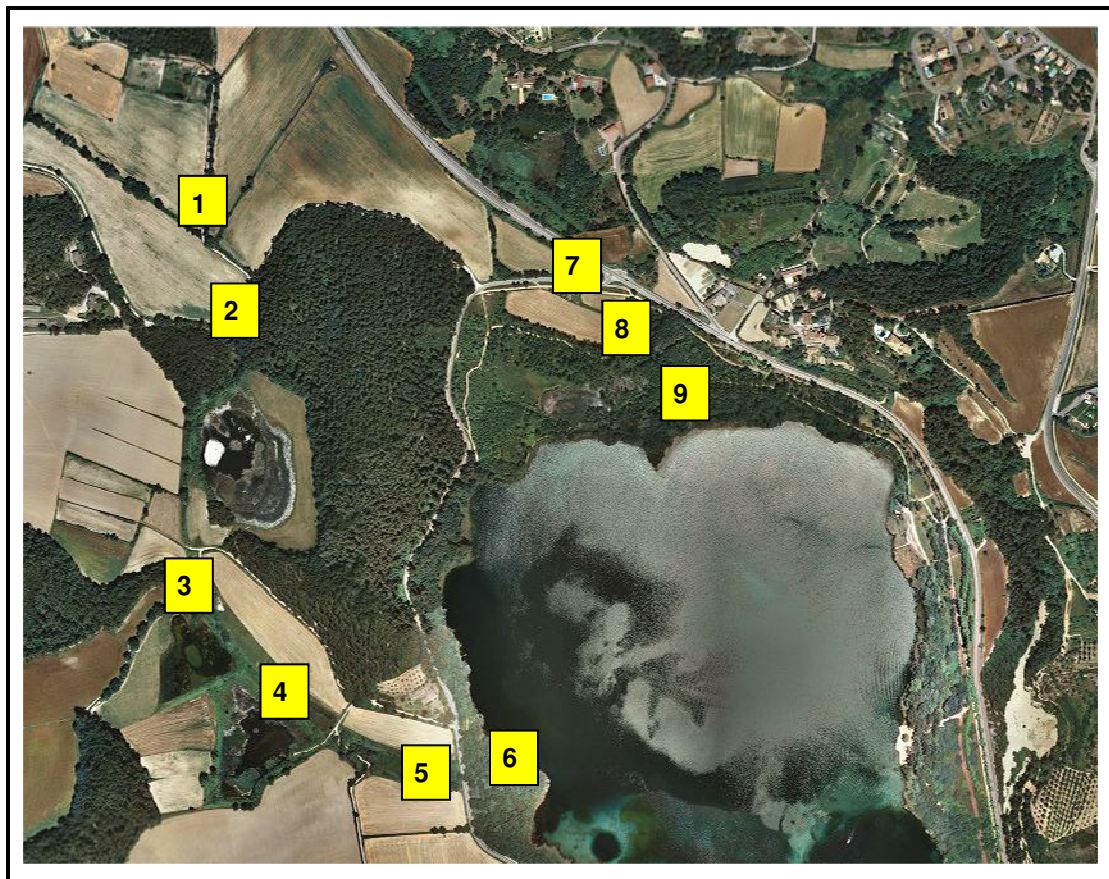


Figura 3.1.- Situació de les estacions de seguiment dels peixos autòctons a les rieres d'entrada de l'Estany de Banyoles. Font: elaboració pròpia (Base: ICC).



Figura 3.2.- Imatges del mostreig de seguiment amb trapes de tipus barbol a les rieres.
Fotos: Consorci de l'Estany.

3.2.- CAMPANYES DE CONTROL

Els seguiments de peixos exòtics a les principals masses d'aigua amb peixos (Estany de Banyoles i Estanyol del Vilar), s'han encaixat dins les campanyes de control de peixos exòtics. És a dir, no ha calgut dur a terme un mostreig específicament destinat conèixer-ne l'evolució de llurs poblacions, ja que el disseny de les campanyes de control de peixos exòtics executades durant tot el projecte, per la seva intensitat, continuïtat, estandardització de l'esforç i varietat de tècniques de captura, garantia l'obtenció de informació de qualitat sobre l'estat de les seves poblacions.

Per tant, els mostrejos de peixos exòtics a l'Estany i l'Estanyol del Vilar s'han fet principalment mitjançant pesca elèctrica amb embarcació (Figura 3), però també amb xarxes (tremalls i soltes) (Figura 4), grans trampes (Figura 5) i palangres (Figura 6). L'ús de la pesca elèctrica amb embarcació s'ha perllongat durant tot el projecte. En canvi, per diferents raons les altres tècniques tan sols s'han aplicat durant períodes més curts. Els tresmalls, amb llums de malla interna de 2 o 3,8cm (petits i grans, respectivament), s'han utilitzat tan sols durant els dos primers anys del projecte, però el seu ús s'ha evitat més endavant per evitar produir mortalitat sobre els dos ciprínids autòctons, tenint en compte que a partir de mig projecte ja s'havien iniciat les operacions de reforçament de les seves poblacions mitjançant traslocaments (Acció C2). D'aquesta manera, durant la segona meitat del projecte s'ha introduït l'ús de soltes de gran llum de malla (6 i 8cm), destinades a la captura de grans exemplars de peixos exòtics.

Les trampes de gran mida s'han provat a partir del segon any de projecte, però no ha estat fins al darrer any que se n'ha intensificat el seu ús, amb fins a 8 unitats instal·lades permanentment des de mitjans primavera fins a mitjans de tardor, i utilitzant el disseny que s'havia demostrat més eficaç. Es tracta de trampes quadrangulares, no escades, flotants i obertes per la banda superior per afavorir la sortida de mamífers o ocells que hi puguin penetrar accidentalment; algunes tenen veles laterals a les entrades. Pel que fa als palangres, durant l'any 2013 s'han provat línies de grans hams escades amb peixos vius de mida mitjana (10-20cm) del propi estany (peix sol i perca americana), a fi de comprovar la seva eficàcia per a la captura selectiva de grans exemplars de peixos depredadors.

Els detalls concrets sobre el disseny de les campanyes de control de peixos exòtics i l'operativa d'aquestes tècniques de captura, s'exposen al corresponent protocol, redactat en el marc de l'acció A1.



Figura 3.3.- Imatges de la pesca elèctrica amb embarcació a l'Estany de Banyoles i l'Estanyol del Vilar. Foto: Consorci de l'Estany.

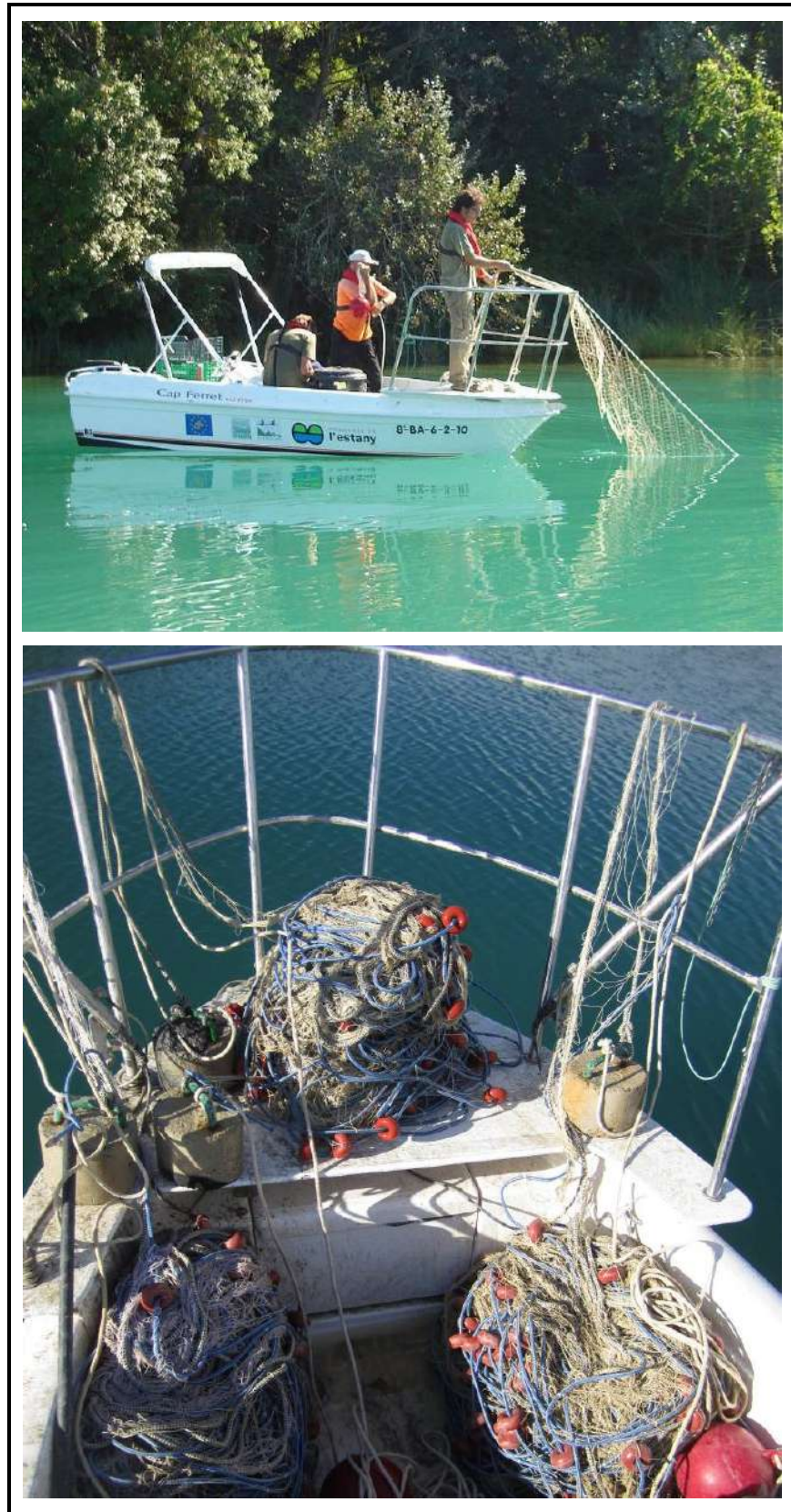


Figura 3.4.- Imatges de la pesca amb xarxes a l'Estany de Banyoles i l'Estanyol del Vilar: a dalt, tresmalls grans (llum de malla interna: 3,8cm); a baix, grans soltes (llum de malla: 8cm). Fotos: Consorci de l'Estany.

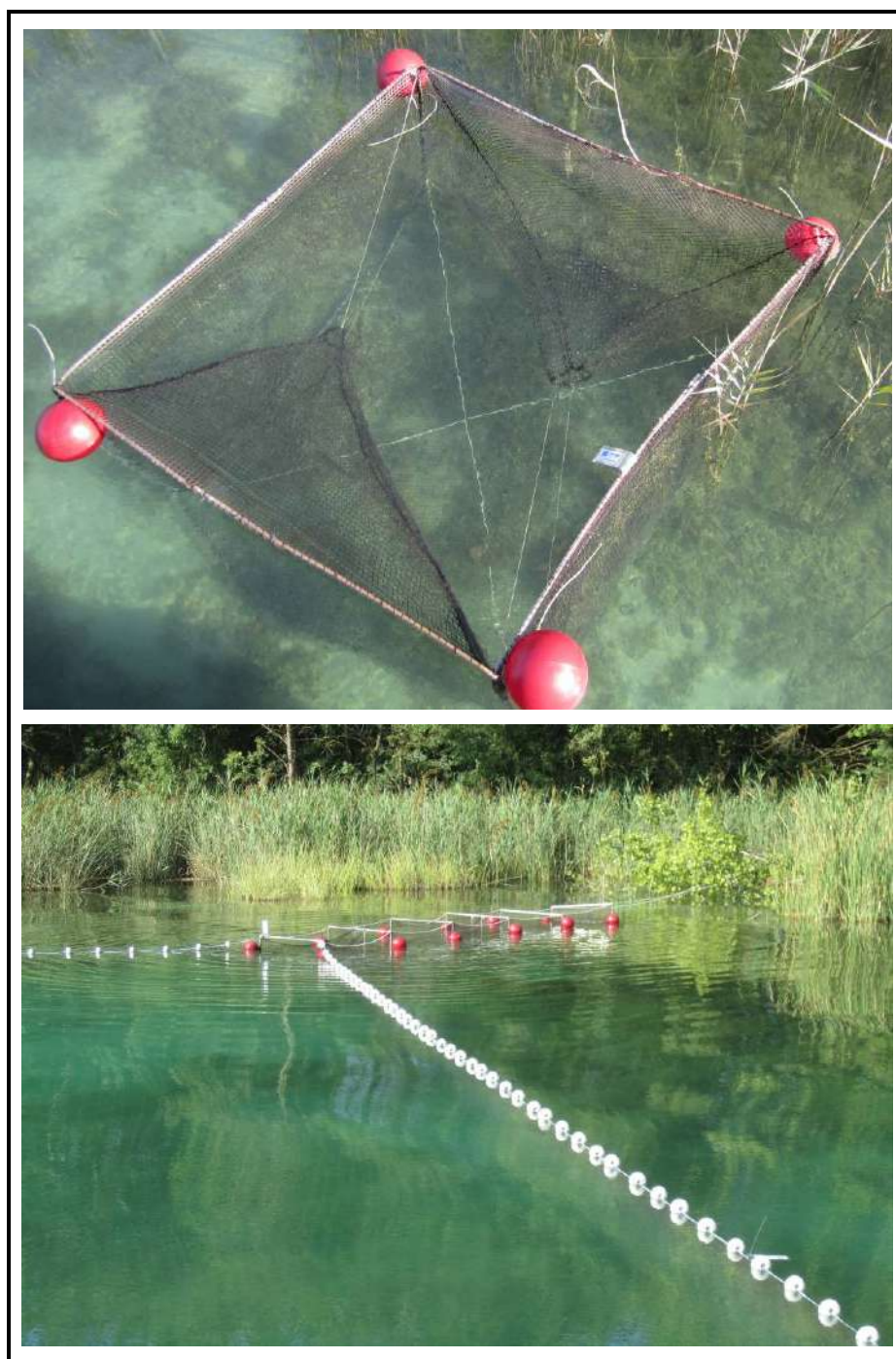


Figura 3.5.- Imatges dels principals models de grans trampes utilitzats a l'Estany de Banyoles. Foto: Consorci de l'Estany.



Figura 3.6.- Imatges dels palangres provats a l'Estany de Banyoles. Foto: Consorci de l'Estany.

3.3.- ANÀLISI DE DADES

Totes les captures han estat degudament processades d'acord amb els estàndards descrits al protocol del control de peixos. Tots els exemplars han estat identificats a nivell d'espècie, i se n'ha pres almenys la longitud, bé directament, o bé a través de l'anàlisi de fotografies ortogonals amb referència d'escala. També es van pesar tots els exemplars en bon estat de les espècies poc abundants, i una part de les captures de les espècies més abundants (10-20%, aprox.). Per altra banda també es va prendre una mínima informació sobre l'aplicació de cada unitat mostral: variables de temps, data, esforç, condicions del medi, etc. Tot aquest conjunt de dades es van registrar en diversos models de fitxa de camp, específics per a cada tècnica de pesca.

Les dades recopilades durant les campanyes de control s'han incorporat a una base de dades única en format EXCEL. Les anàlisis estadístiques y representacions gràfiques s'han realitzat mitjançant el següent programari: MS-EXCEL-2003, SPSS-15.0.

4.- RESULTATS: RIERES D'ENTRADA

Les rieres d'entrada a l'Estany, la Riera de Can Morgat i la Riera de Lió, continuen constituint el principal refugi per als ciprínids autòctons de la conca lacustre de Banyoles. Ambdues espècies hi mantenen una presència estable i una densitat notable, i poc variable temporalment (Figures 13 i 14). A les dues rieres d'entrada, aquests dos ciprínids són les dues espècies dominants, i sovint úniques, arreu del seu curs, excepte en trams molt concrets on s'hi han establert alguns nuclis d'invasores, sobretot de peix sol i gambúsia, i també amb presència esporàdica de perca americana. Generalment, però no sempre, aquests trams es situen al seu curs baix. Per altra banda, tan sols la gambúsia hi manté una presència estable, mentre que el peix sol i la perca americana no hi estarien establerts de forma permanent. Quan hi apareixen, aquestes dues espècies sempre són molt poc abundants.

Val a dir que la barrera per a peixos construïda a la Riera de Can Morgat el 2009 per a evitar l'entrada de peixos exòtics cap a les llacunes Artiga, Margarit i Aulina, a través d'aquest curs d'aigua, sembla estar funcionant molt bé. Fins al moment no s'han tornat a observar carpes ni cap altra espècie exòtica per sobre d'aquesta barrera, amb l'excepció de la gambúsia, que continua mantenint un nucli al tram central, probablement en part gràcies als exemplars que deriven des de la llacuna de l'Artiga, on hi està establerta des de la seva creació.

Per altra banda, tot indica que l'ambient fortament reòfil que domina al llarg de gairebé tot el curs d'aquestes petites rieres no afavoreix l'establiment de les espècies exòtiques presents a l'Estany de Banyoles.

En definitiva, malgrat tractar-se de petits cursos, les rieres d'entrada mantenen unes condicions ecològiques adequades (qualitat de l'aigua òptima, cabal regular, certa heterogeneïtat i estructuració dels hàbitats, etc.) pel manteniment d'estocs estables dels dos ciprínids autòctons de la zona, mentre que contràriament no constitueixen un bon hàbitat per la major part de peixos exòtics presents a la conca lacustre.

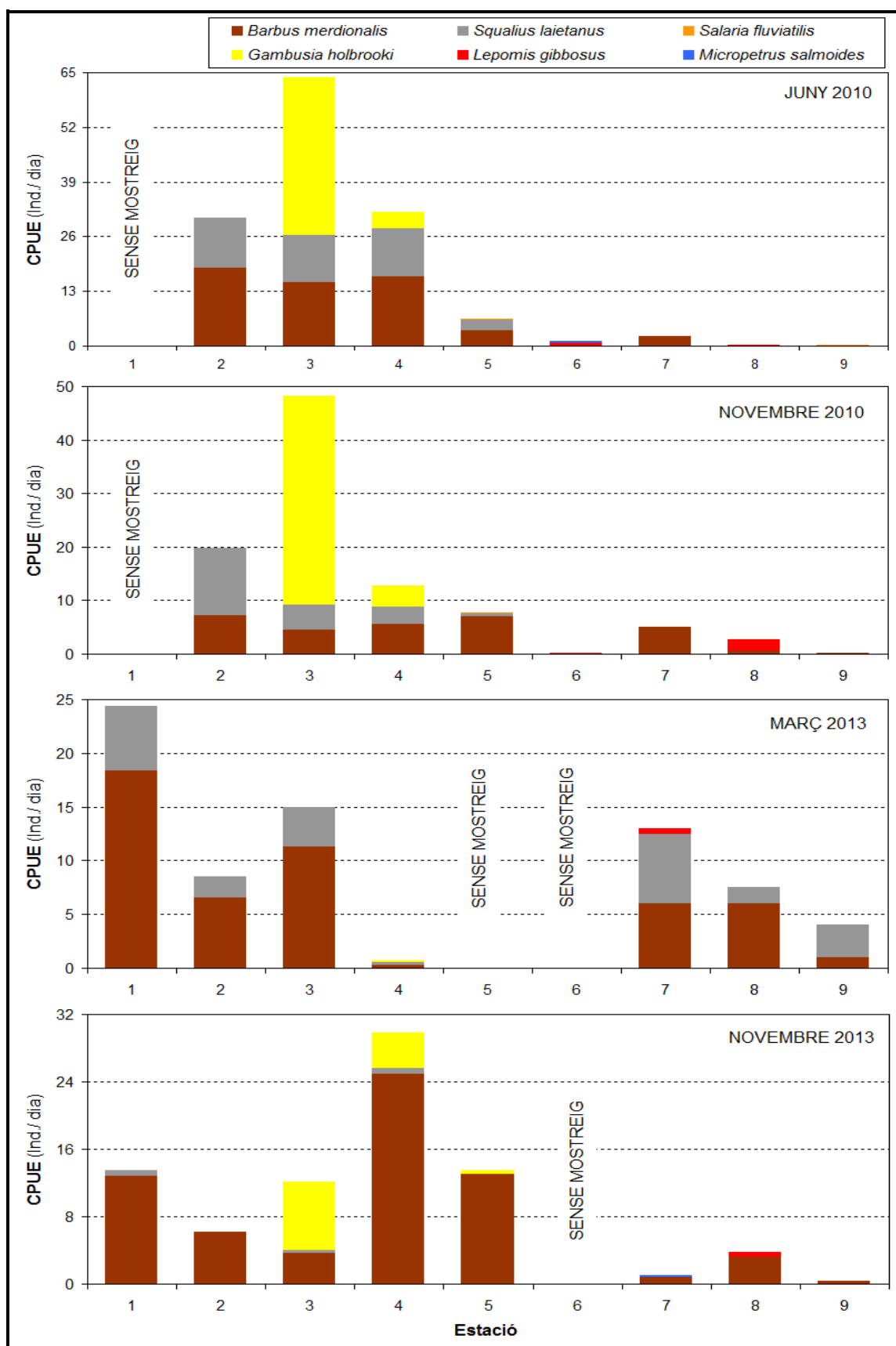


Figura 4.1.- Densitat relativa observada a les rieres d'entrada a l'Estany, per campanya, estació i espècie. Font: Consorci de l'Estany.

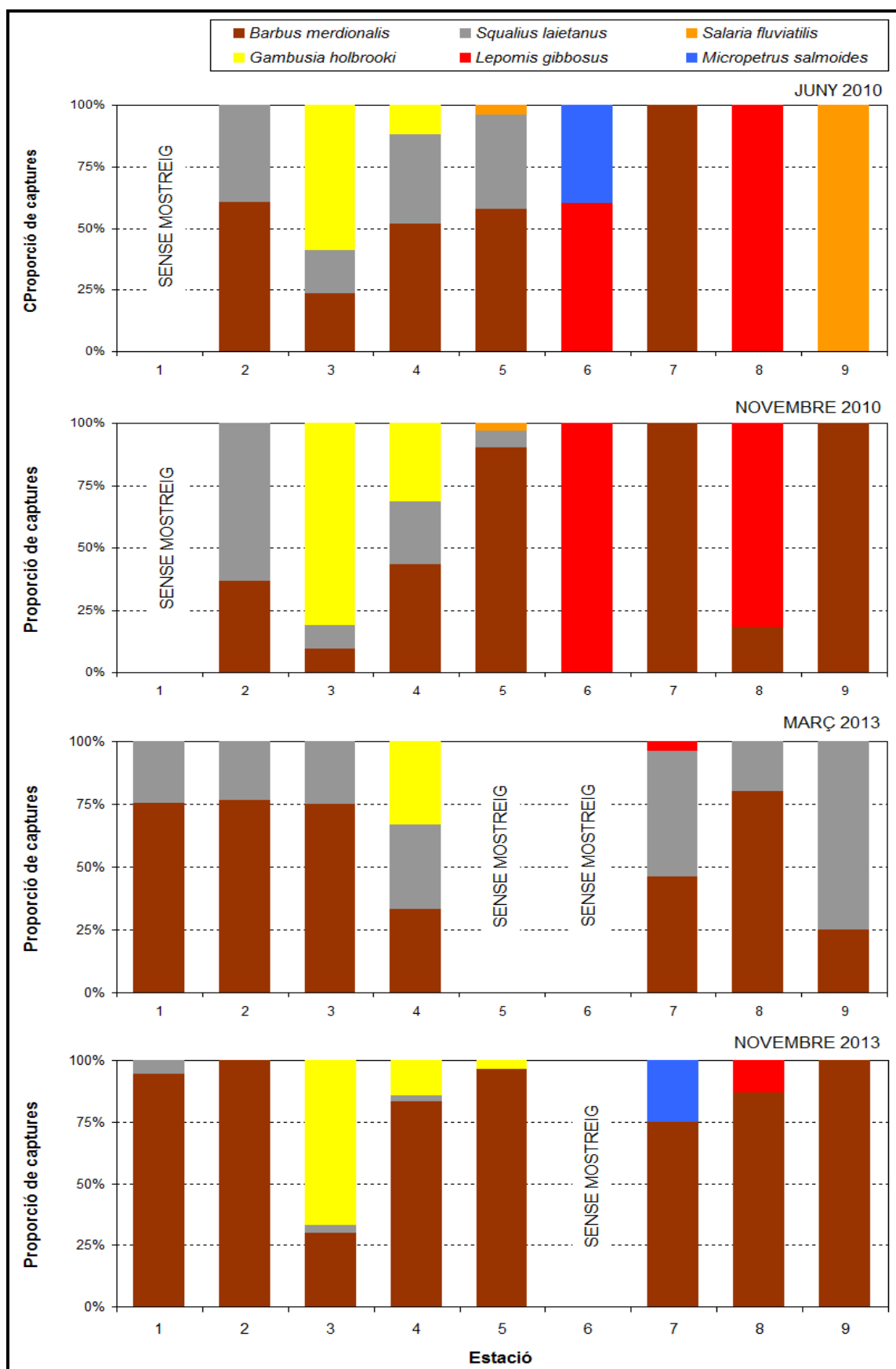


Figura 4.2.- Proporció de captures entre espècies a les rieres d'entrada a l'Estany, per campanya i estació. Font: Consorci de l'Estany.

5.- RESULTATS: ESTANY

5.1.- EFICIÈNCIA DE LES TÈCNIQUES DE CAPTURA

5.1.1.- CONDICIONS ABIÒTIQUES

Diversos factors i condicions abiòtiques del medi tenen un efecte directe sobre l'eficiència de les tècniques de captura de peixos. Estan relacionats sobretot amb les condicions físiques i químiques de l'aigua: temperatura, conductivitat, terbolesa, etc.

Durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles s'han pres mesures d'algunes d'aquestes variables, per a cada pesca, o com a mínim una vegada per a cada sector i data on s'ha treballat. Tenint en compte el coneixement previ sobre la pesca científic-tècnica en el cas concret de l'Estany de Banyoles, aquestes mesures s'han restringit a la temperatura i la conductivitat superficials de l'aigua. Ambdues variables tenen una forta incidència sobre l'eficiència de la pesca elèctrica; alhora, les variacions en la temperatura expliquen els canvis estacionals en l'activitat dels peixos i l'ús de l'hàbitat, i per tant de retruc també de l'eficiència de totes les tècniques de captura, encara que amb afectacions diverses.

L'Estany de Banyoles és un sistema altament estable, on el gruix de la variació de les condicions ambientals té un clar caràcter estacional. En el cas de la temperatura s'observen fortes variacions estacionals, molt regulars d'un any a l'altre (Figura 5.1.1). També s'hi observen irregularitats notables respecte la tendència central marcada per les mitjanes interanuals: així, s'observen pics alts o baixos respecte la mitjana sobretot entre abril i agost, quan l'aigua s'escalfa gradualment fins a assolir el màxim anual a ple estiu. En canvi, al llarg del període d'anàlisi (2010-2013) no s'observa cap diferència significativa en la mitjana tèrmica anual, i per tant cap evidència de tendència interanual.

Pel que fa a la conductivitat, entre els anys 2010 i 2014, no apareix cap patró clar de variació estacional, però sí de variació interanual. Sempre dins un rang de valors alts (0,9-1,6 mS/cm), la conductivitat superficial ha anat disminuint al llarg del projecte, per tornar a remuntar durant els darrers mesos, situant-se aproximadament en els valors inicials. Aquest patró probablement té relació amb les variacions en el règim d'entrada d'aigua de l'aqüífer i de les escorrenties superficials que drenen directament cap a l'Estany.

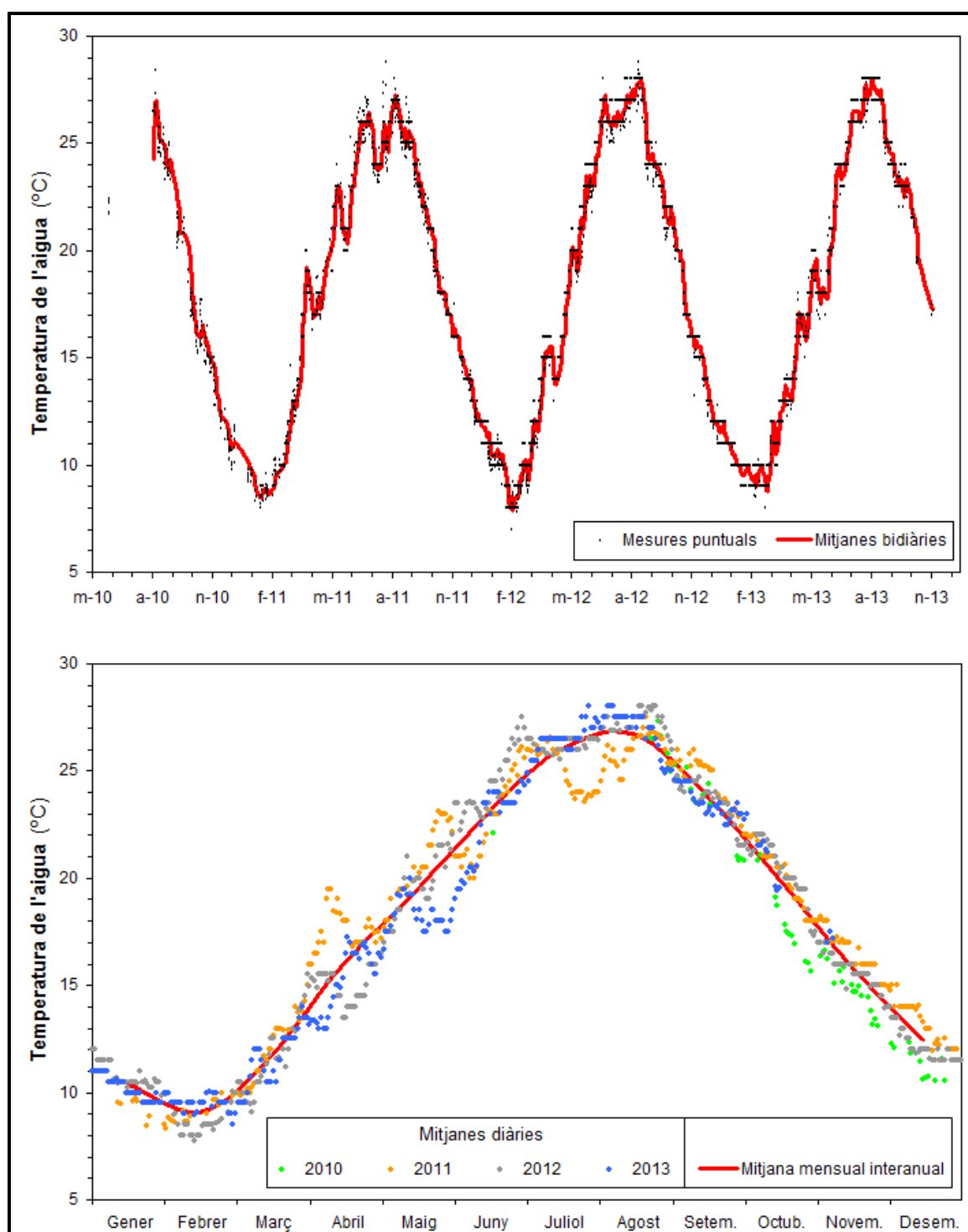


Figura 5.1.1.- Evolució de la temperatura superficial de l'aigua a l'Estany de Banyoles entre 2010 i 2013. Font: Consorci de l'Estany.

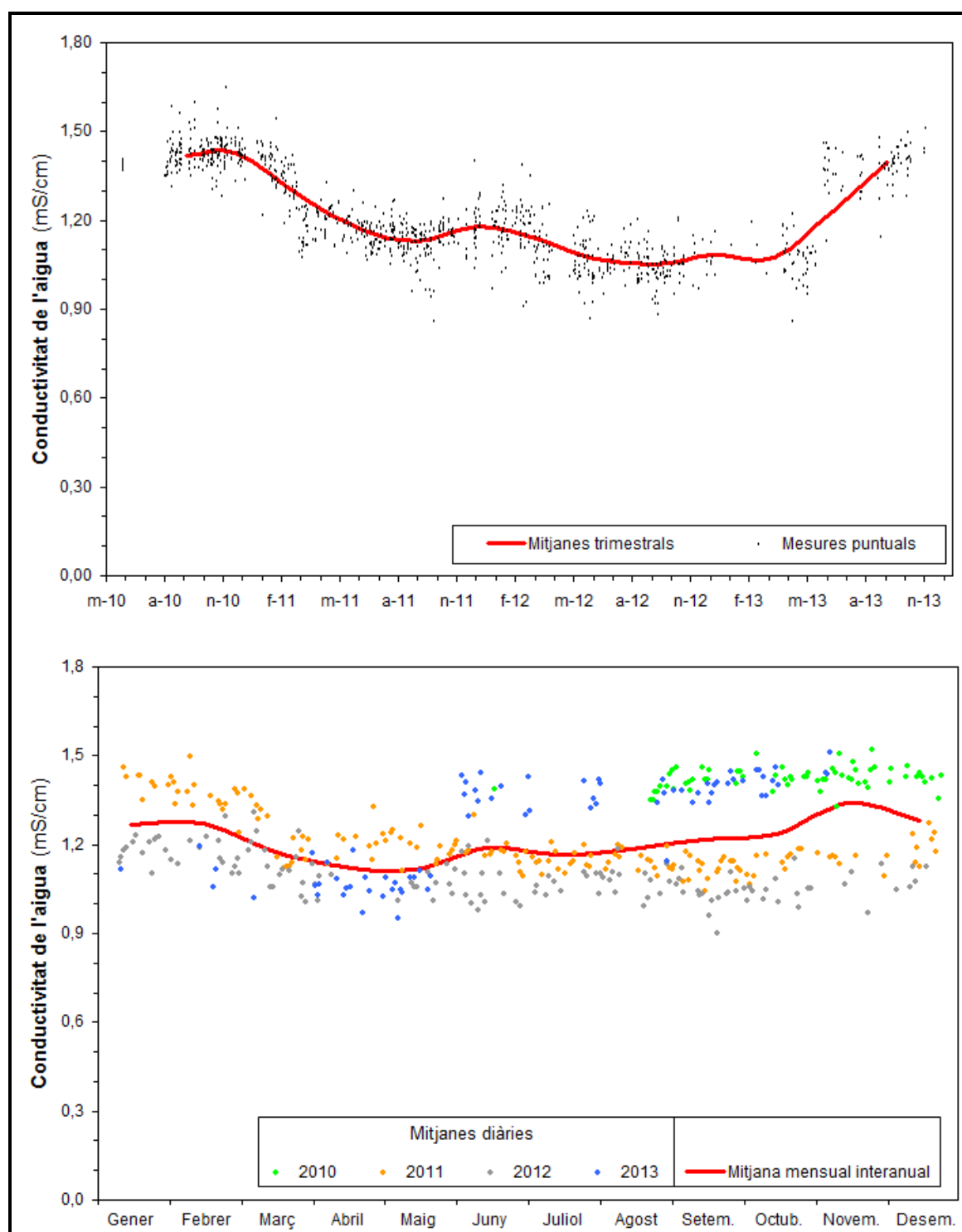


Figura 5.1.2.- Evolució de la temperatura superficial de l'aigua a l'Estany de Banyoles entre 2010 i 2013. Font: Consorci de l'Estany.

5.1.2.- EFICIÈNCIA COMPARADA PER TÈCNICA

Rendiment de pesca

Per a poder comparar les eficiències de pesca per tècnica de captura, abans cal estandarditzar l'esforç mitjançant l'aplicació d'unitats comparables. Atès que es tracta de tècniques diverses, l'única forma possible de fer això és mitjançant l'aplicació d'unitats d'esforç humà, o de dedicació de temps, partint de l'experiència pràctica acumulada en el marc d'aquest projecte (Taula 5.1).

En general, a l'Estany de Banyoles el major rendiment de pesca, entès com les captures per jornal de treball (unitat d'esforç humà), s'assoleix amb la pesca elèctrica amb embarcació, seguit en aquest ordre per les trampes grans, els tresmalls petits (llum de malla interna 2cm), els tresmalls grans (llum de malla interna 3,8cm), les soltes grans (llum de malla interna > 6cm), i finalment els palangres (Figura 5.1.3). Evidentment, aquests resultats depenen sobretot de la mida mitjana de les captures, que també varia entre tècniques de captura i espècies (Figura 5.1.4). Tant per la perca americana com pel peix sol, les dues espècies exòtiques més abundants a l'Estany, el rendiment de pesca és molt més alt amb la pesca elèctrica respecte qualsevol altra tècnica de captura; de fet amb algunes altres tècniques (palangres, tresmalls grans i soltes grans) les captures d'aquestes dues espècies són nul·les o gairebé nul·les. En el cas de la carpa, en canvi, el rendiment de pesca és major amb les soltes grans i els tresmalls grans, força menor amb la pesca elèctrica i les trampes grans, i nul amb els palangres. La perca es captura principalment amb tresmalls, grans o petits, i només ocasionalment amb altres tècniques (pesca elèctrica i trampes grans). Finalment, les tècniques de captura més efectives per a la sandra, en relació a l'esforç mesurat en jornals, són les trampes, les soltes grans i els palangres, mentre que el rendiment amb tresmalls per aquesta espècie és quasi la meitat, i la pesca elèctrica és pràcticament ineficaç per a la seva pesca.

La variació estacional en el rendiment de pesca també és notable. Amb la major part de tècniques, el rendiment global és màxim entre finals de primavera i pic d'estiu, i mínim a l'hivern (Figura 5.1.5). En el cas de la pesca elèctrica, el rendiment global de pesca és clarament més alt a finals de primavera, quan s'assoleixen valors 1,5 vegades més alts que a l'hivern, aproximadament. Les dades disponibles mostren un patró semblant per a les trampes grans. En canvi, en el cas de les xarxes de qualsevol tipus, el rendiment global és màxim a pic d'estiu, assolint valors entre 1 i 2 vegades més alts que a l'hivern. Tanmateix, aquests resultats s'han de matisar espècie per espècie. Així, en el cas de la perca americana

s'observa un patró clarament bimodal en el seu rendiment de pesca amb pesca elèctrica, amb pics màxims a finals de primavera i d'estiu (maig i setembre), i mínims a pic d'hivern i d'estiu (febrer i agost), tot i que el mínim d'estiu no és tant baix (Figura 5.1.6). Per aquesta espècie, les altres tècniques de captura semblen mostrar un patró estacional similar en el seu rendiment.

Pel que fa al peix sol, en canvi, tan sols s'observa un màxim clar en el perfil estacional del rendiment amb pesca elèctrica (juny), amb un valor mitjà situat unes 2,5 vegades per sobre el mínim (novembre) (Figura 5.1.7). Amb les altres tècniques de captura s'observa un patró de variació estacional en el rendiment també molt semblant.

Per a la perca, la sandra i la carpa, no s'observen patrons estacionals gaire ben definits en el rendiment de pesca (Figures 5.1.8, 5.1.9 i 5.1.10). Amb tot, en el cas de la perca, almenys per a la pesca elèctrica, s'observa un possible màxim a l'estiu. En canvi, en el cas de la carpa, aquest màxim sembla situar-se a la primavera.

Espectre de mides

L'espectre global de mides per espècie de les captures a l'Estany (Figura 5.1.11), explica en part els resultats del rendiment de pesca per tècnica de pesca. Per a la major part d'espècies, la mitjana de longitud més baixa de les captures correspon a la pesca elèctrica, tot i que al mateix temps és la tècnica de captura que genera un espectre de longituds més ample (Figures 5.1.12 a 5.1.14). En contraposició, les captures amb palangres són les més grans, pel que fa a la mida mitjana. Amb les xarxes, com era d'esperar, es dona un clar gradient en la longitud mitjana de les captures en funció de la llum de malla, excepte per a la carpa, per a la qual no hi ha pràcticament diferència. Finalment, les trampes grans solen capturar exemplars més aviat mitjans, de mida mitjana similar o bé lleugerament més alta respecte les captures amb tresmallers petits, excepte novament per a la carpa, ja que els exemplars capturats a les trampes d'aquesta espècie han estat molt petits en relació a la resta de tècniques.

Tota aquesta informació és rellevant per a la planificació de futures campanyes de control poblacional de peixos exòtics a l'Estany. Així, per exemple, la captura de perca americana i peix sol, de qualsevol grup de mida, és molt més eficient amb pesca elèctrica, mentre que els palangres són molt eficients per a la captura selectiva de grans exemplars reproductors de sandra, o els tresmallers grans de grans exemplars reproductors de perca.

Tècnica	ESFORÇ A (mesura òptima)		Unitats mostrals bàsiques (UM)		Esforç per jornada de brigada		ESFORÇ B (homogeneïtzat)		Equivalència
	Tipus	Unitats	Tipus	Grandària		Tipus	Unitats	Esforç A vs Esforç B	
Pesca elèctrica	Temps d'aplicació estandarditzada	Hores	Pesques al llarg de trams fixos del litoral de l'Estany	1 tram. Temps mitjà de pesca: 0,71 hores (Err. est.: 0,23 hores)	4 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 4 UM	
Trampes grans	Temps per trampa calada	Dies / trampa	Trampes fixes a revisar periòdicament	1 trampa a revisar setmanalment	20 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 20 UM	
Tresmallis petits	Temps per superfície calada	Dies / m ²	Peces calades per separat	Peça de 50X1m, calada durant 1 dia	5 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 5 UM	
Tresmallis grans	Temps per superfície calada	Dies / m ²	Peces calades per separat	Peça de 100X1m, calada durant 1 dia	6 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 6 UM	
Soltes grans	Temps per superfície calada	Dies / m ²	Peces calades per separat	Peça de 200X2m, calada durant 1 setmana	8 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 8 UM	
Palangres	Número d'hams calats	Hams	Línies de grans hams	línia de 25 hams, calada durant 1 dia	4 UM	Esforç humà	Jornals	2 jornals = 4 UM	

Tabla 5.1.- Descripció de les mesures de l'esforç de pesca per tècnica de captura, i uniformització per a establir comparacions dels resultats entre aquestes tècniques. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

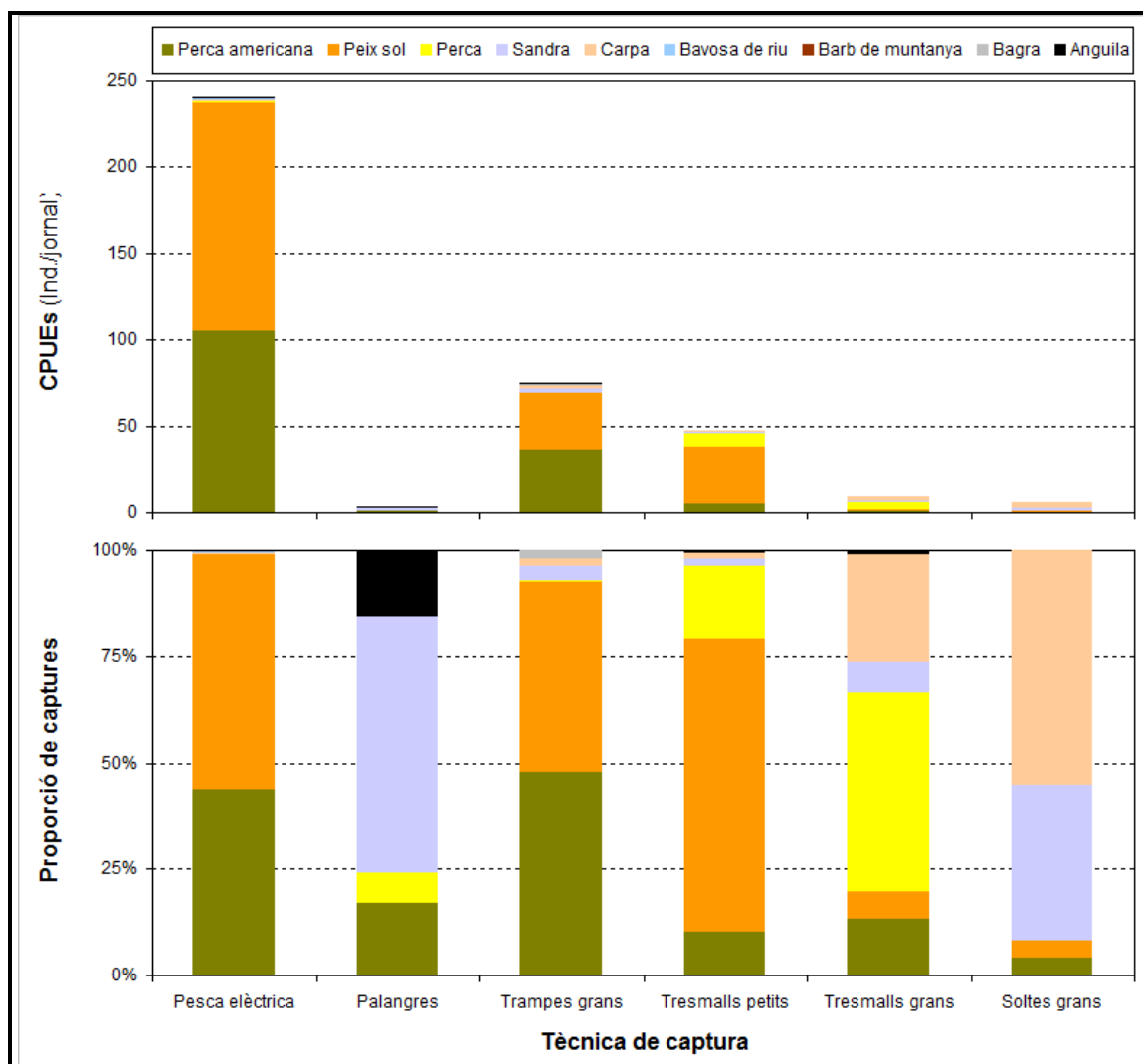


Figura 5.1.3.- Rendiment de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

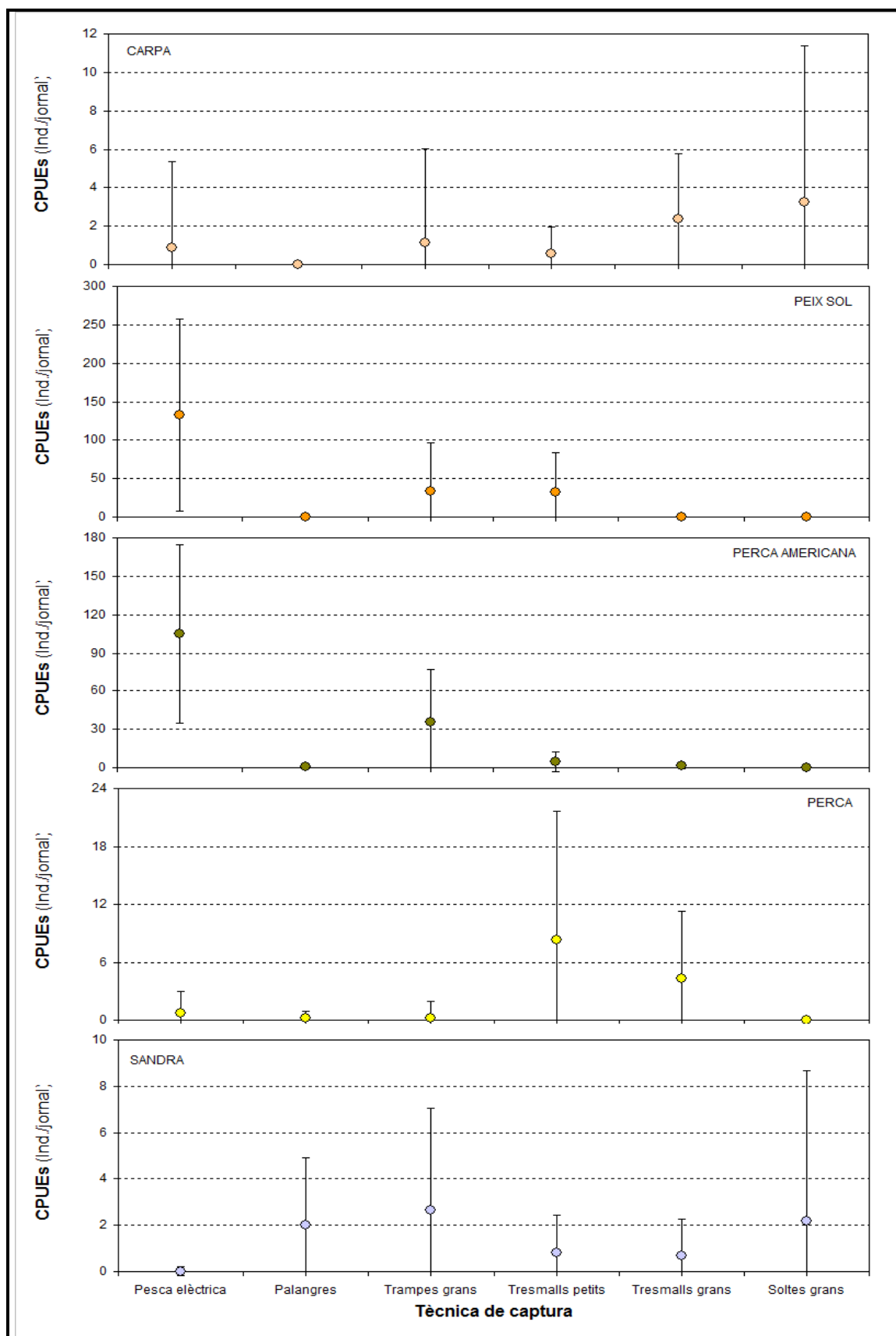


Figura 5.1.4.- Rendiment mitjà de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura i espècie. Les barres representen l'error estàndard. Font: Consorci de l'Estany.

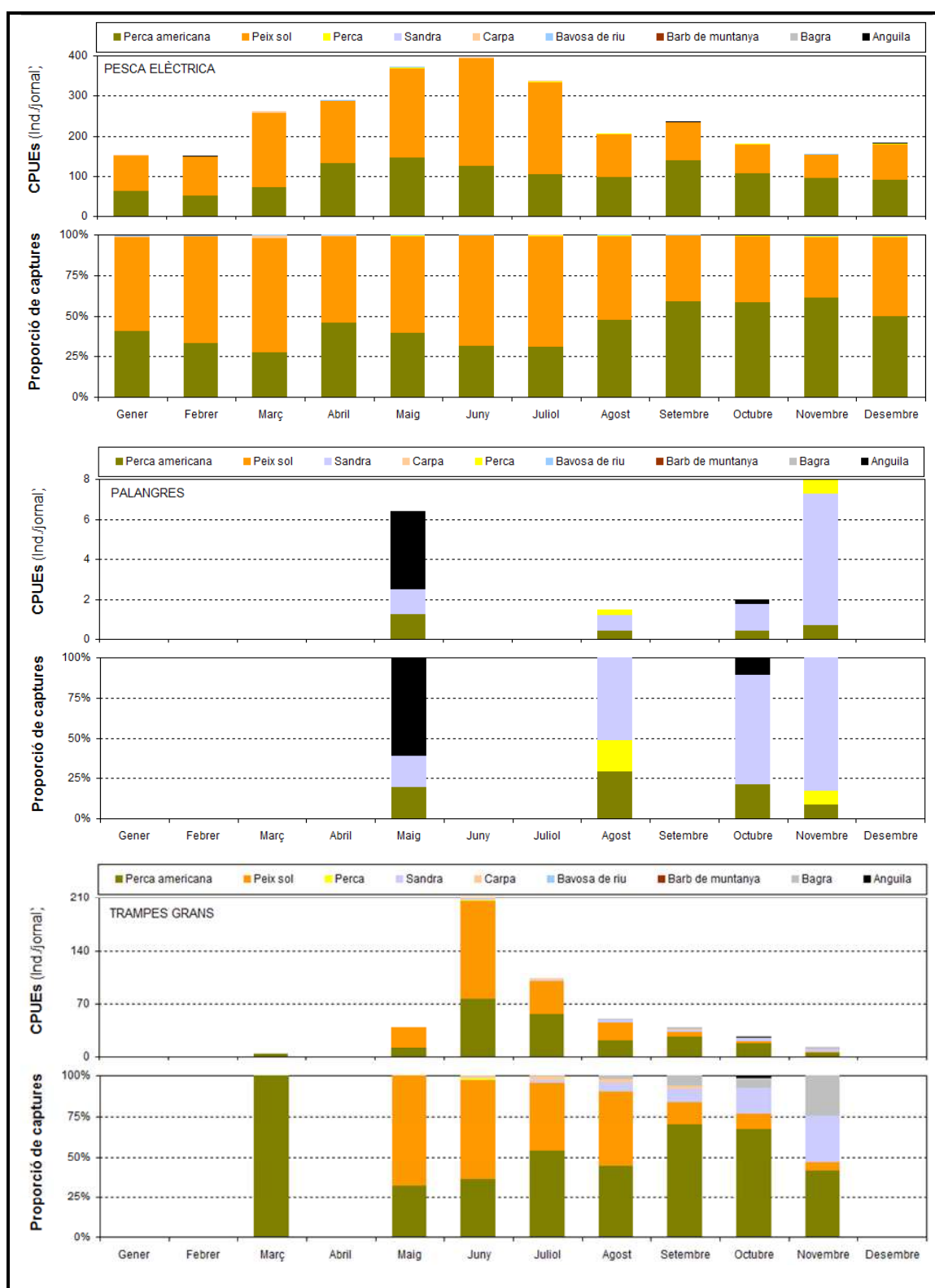


Figura 5.1.5-A.- Evolució estacional del rendiment de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.



Figura 5.1.5-B.- Evolució estacional del rendiment de pesca en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

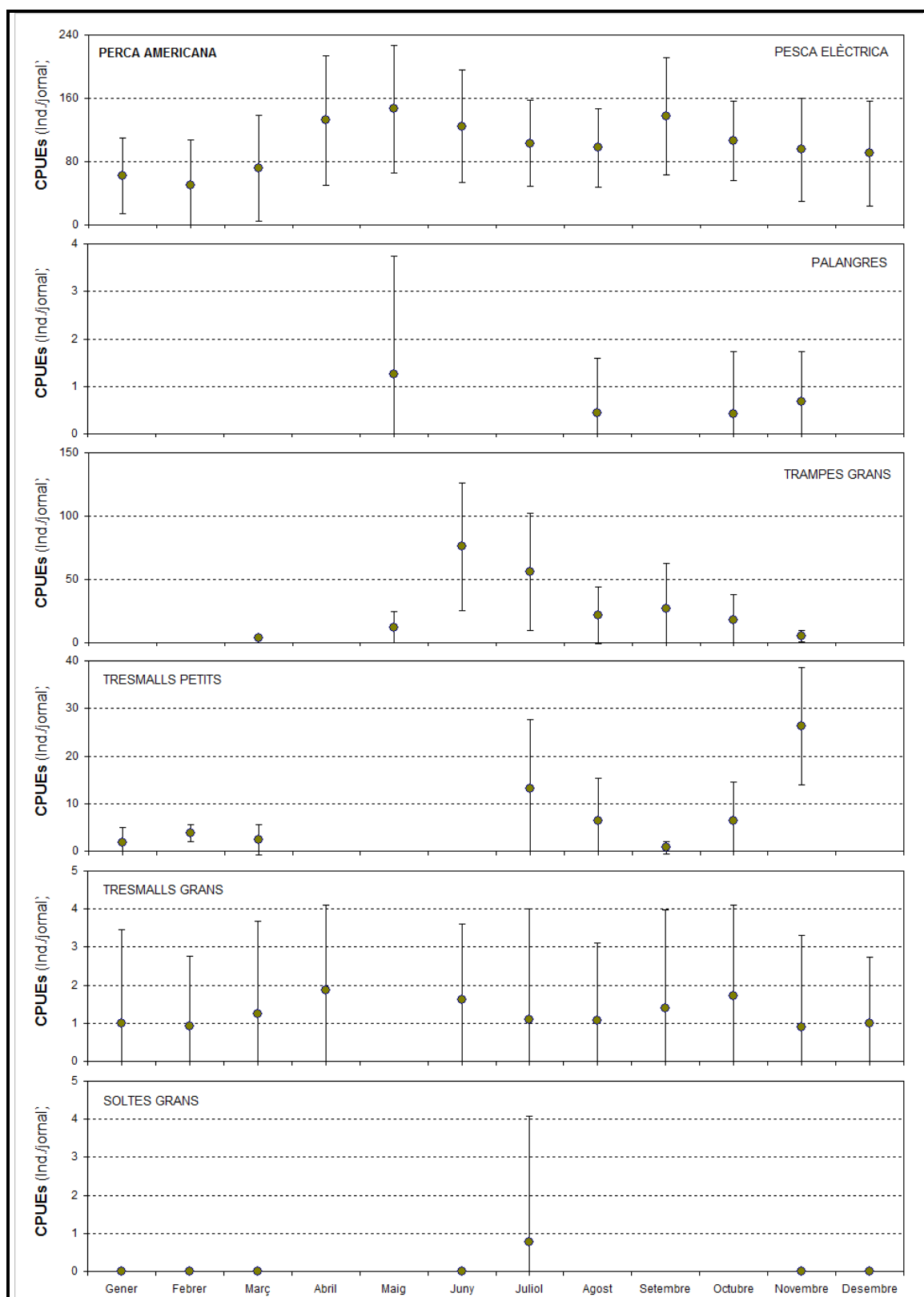


Figura 5.1.6.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la perca americana, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

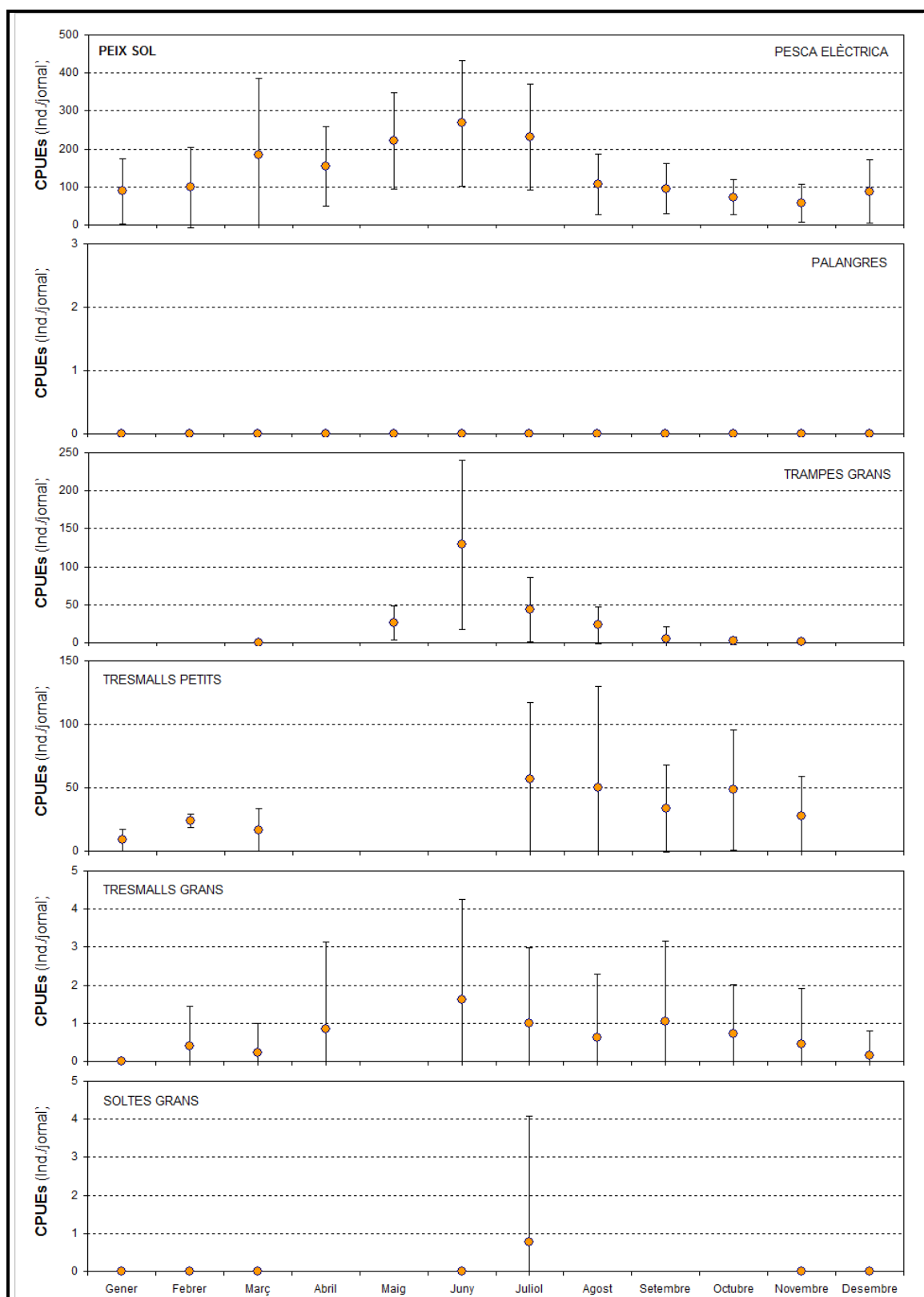


Figura 5.1.7.- Evolució estacional del rendiment de pesca del peix sol, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

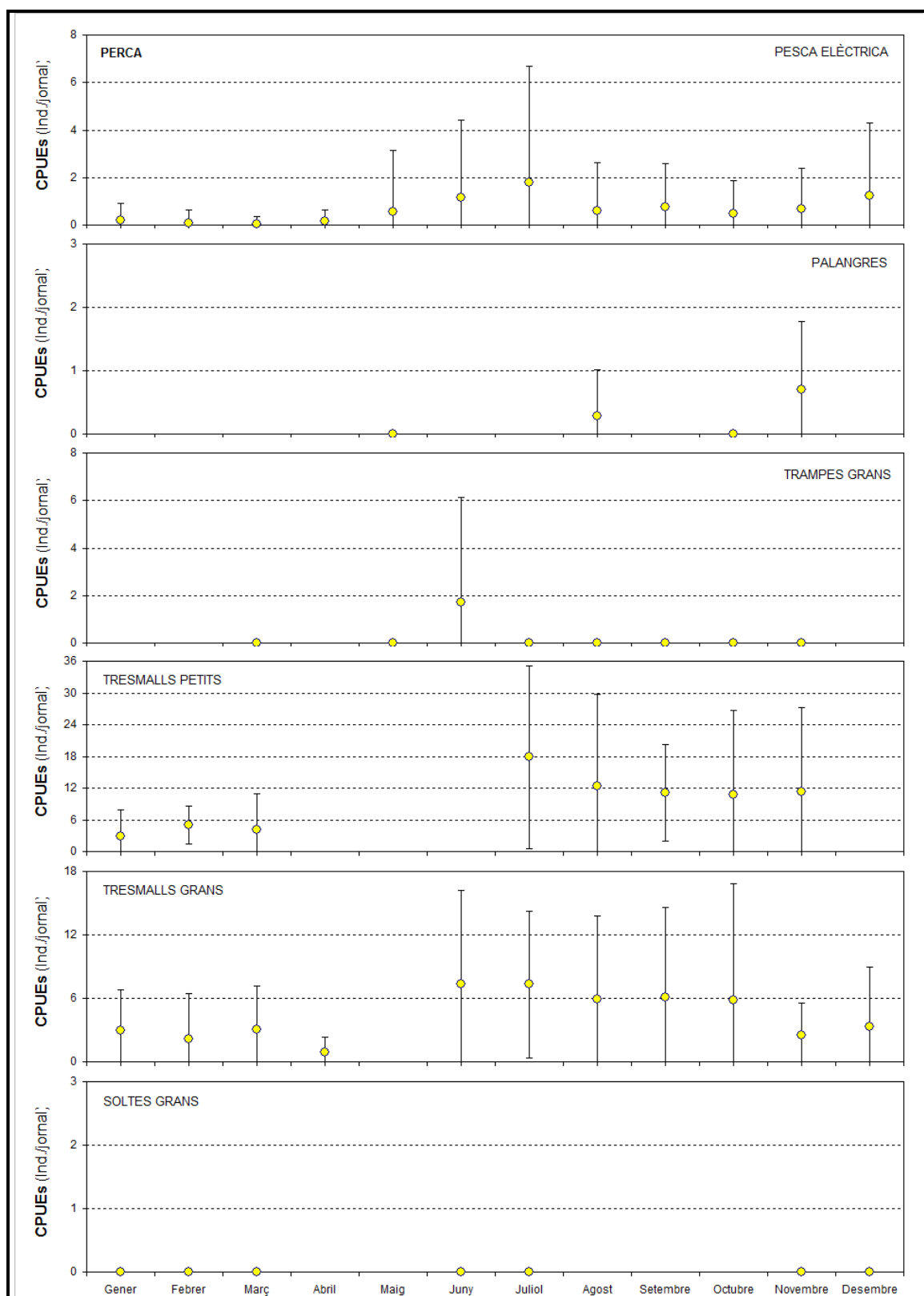


Figura 5.1.8.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la perca, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

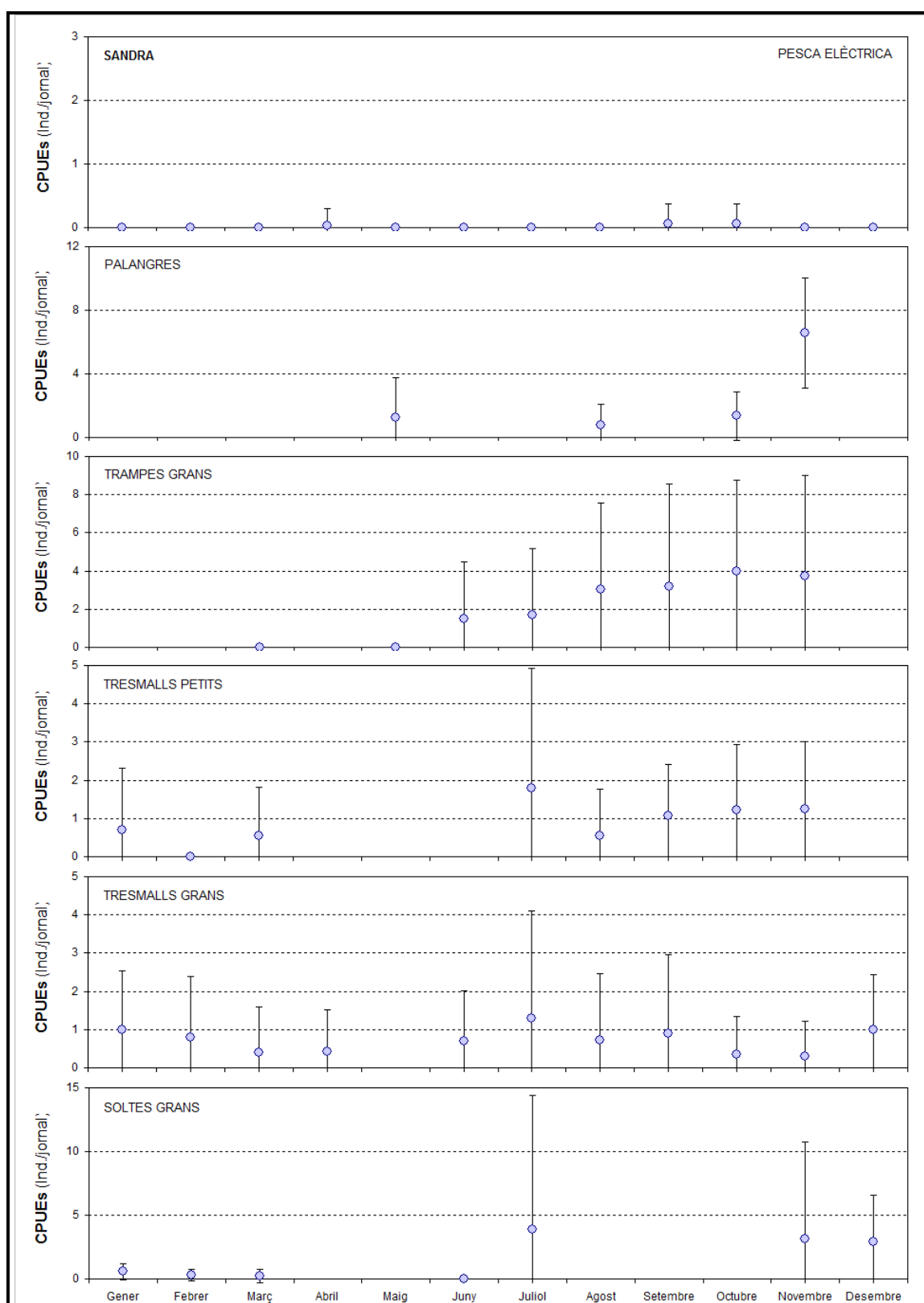


Figura 5.1.9.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la sandra, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

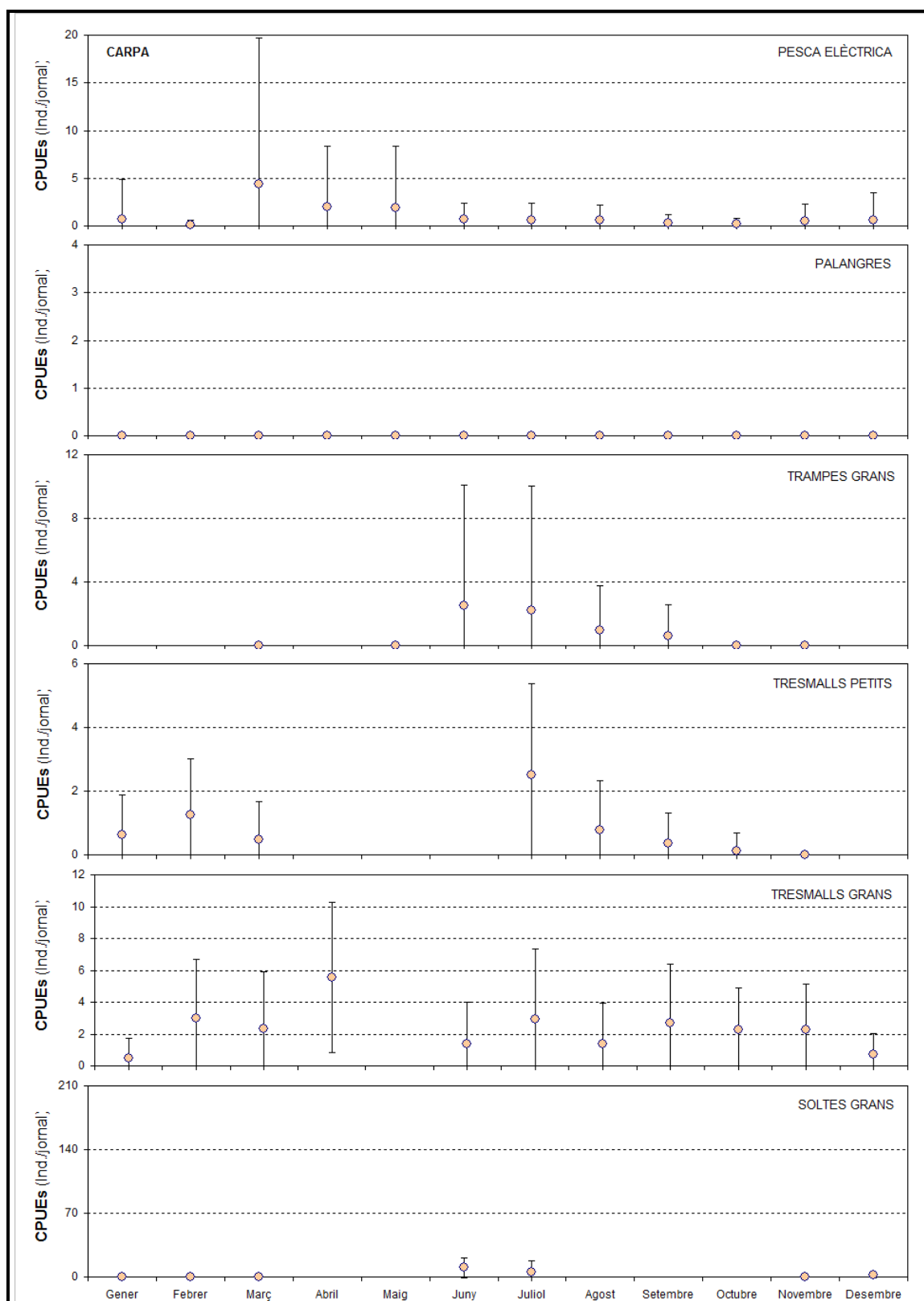


Figura 5.1.10.- Evolució estacional del rendiment de pesca de la carpa, en el marc de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

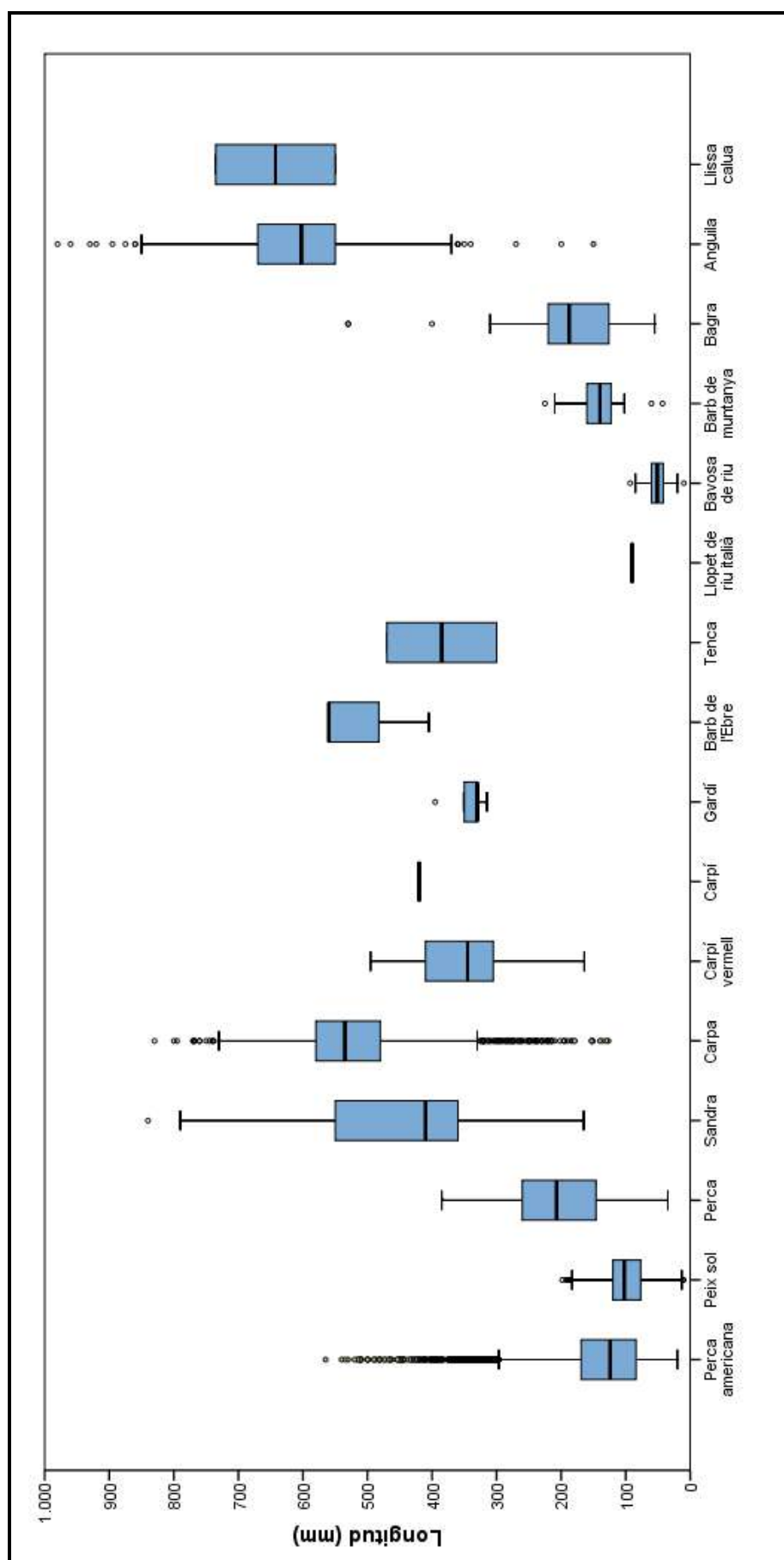


Figura 5.1.1.1.- Longitud mitjana de les captures globals de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per espècie. Font: Consorci de l'Estany.

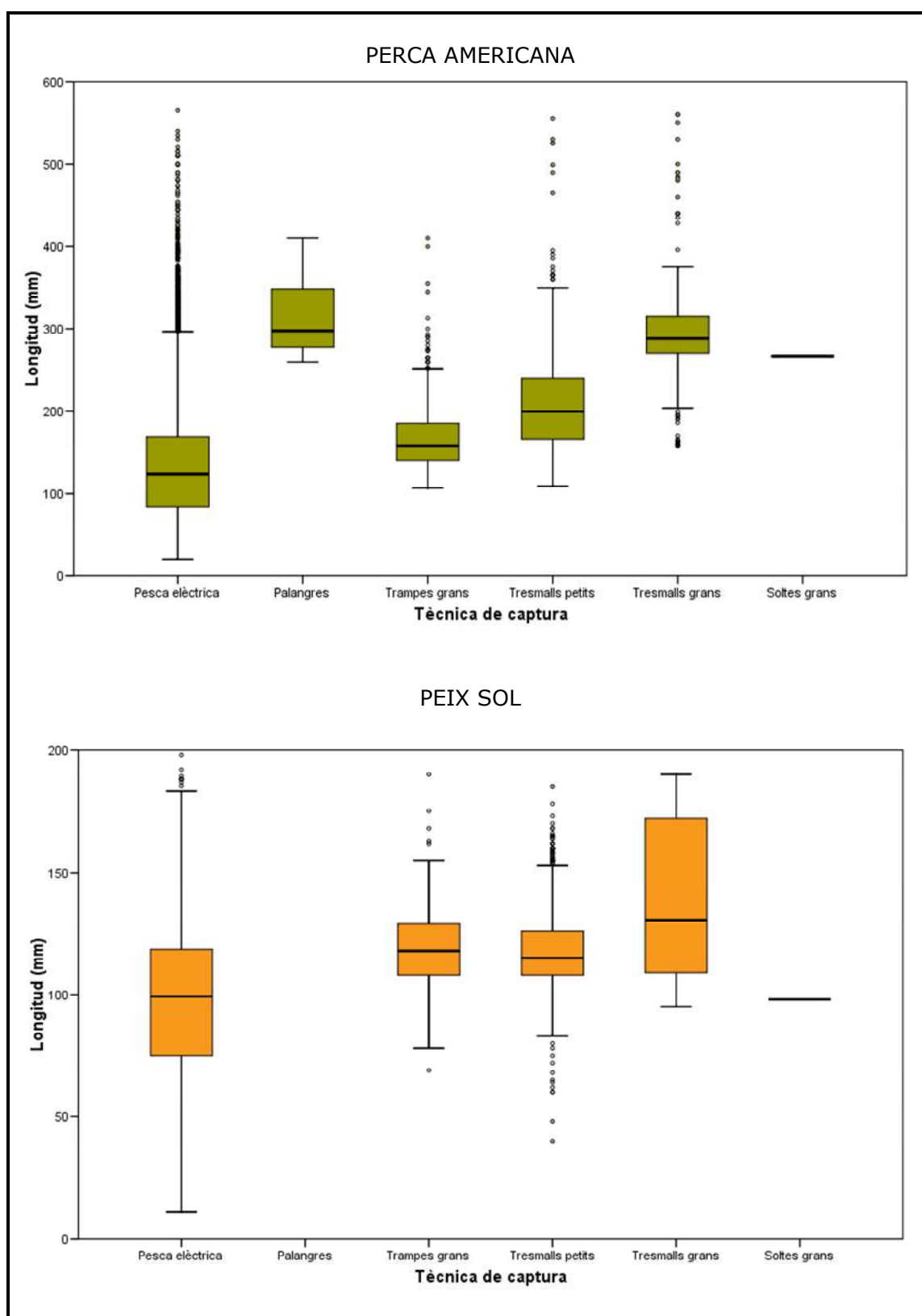


Figura 5.1.12.- Longitud mitjana de les captures globals de perca americana i peix sol de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

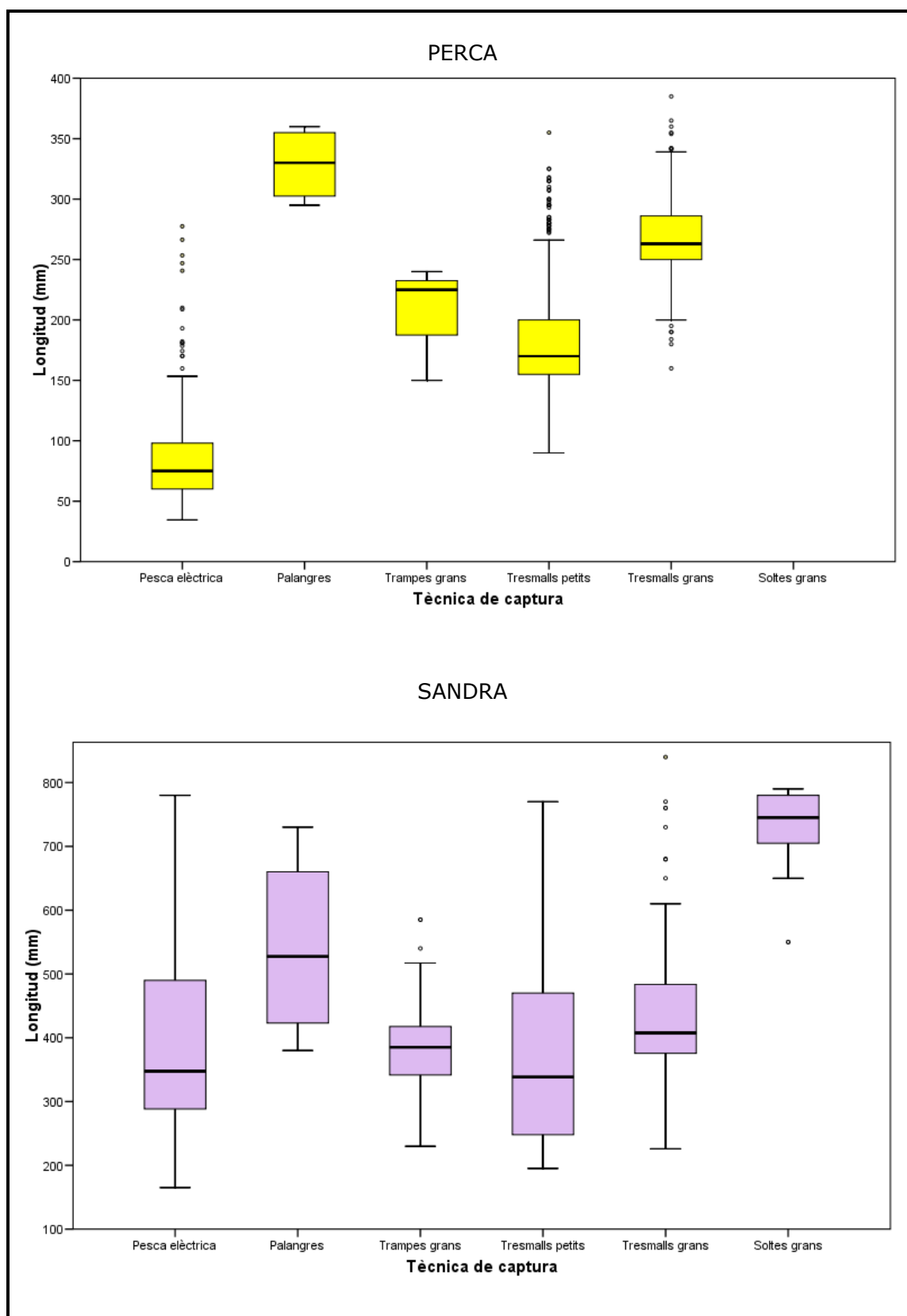


Figura 5.1.13.- Longitud mitjana de les captures globals de perca i sandra de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

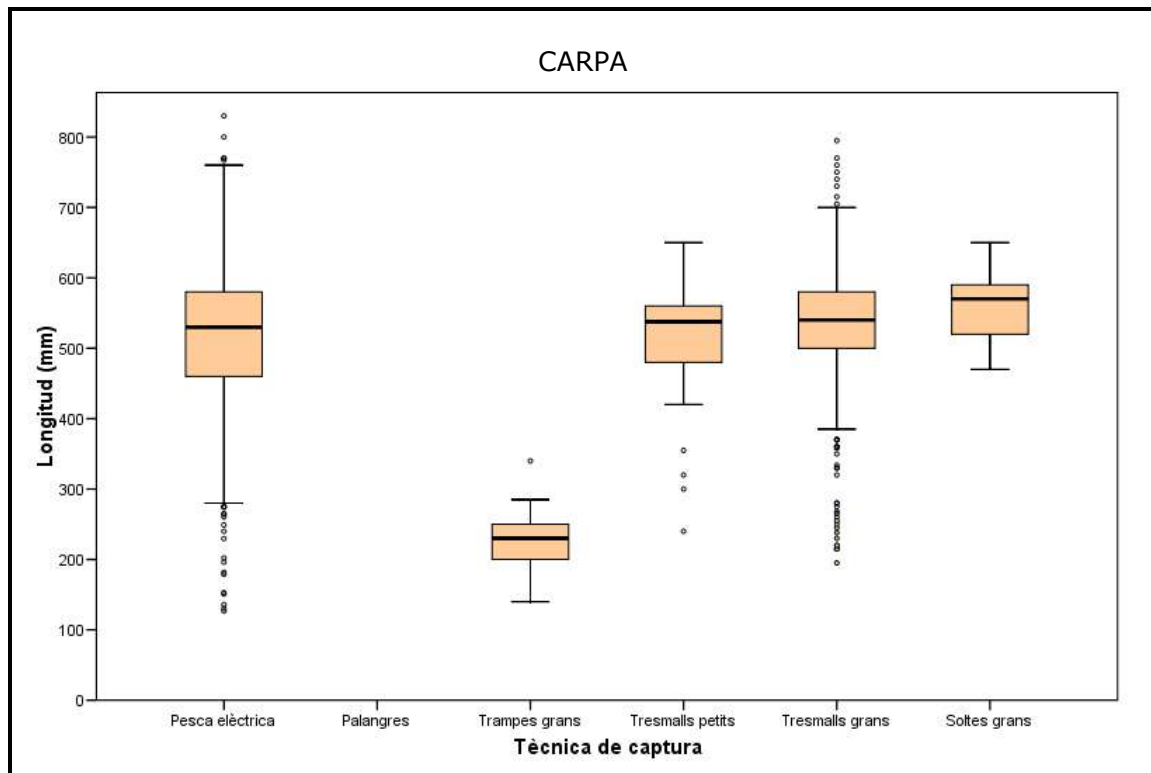


Figura 5.1.14.- Longitud mitjana de les captures globals de carpa de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

5.1.3.- EFICIÈNCIA DE LA PESCA ELÈCTRICA AMB EMBARCACIÓ

A l'Estany de Banyoles, almenys fins ara, la pesca elèctrica amb embarcació és clarament la tècnica de captura que genera una major quantitat de captures, i alhora la que presenta un major espectre de captura d'espècies i de mides. Aquest fet és degut probablement a una combinació de factors vinculats a l'estructura de la comunitat de peixos i a l'estructura i trets de l'hàbitat lacustre. D'entrada, la comunitat de peixos està clarament dominada per espècies litorals, sobretot el peix sol i la perca americana, gracies a un nivell d'aigua molt estable que propicia l'existència de ribes vegetades, estructuralment complexes, i en conseqüència amb molt de refugi per als peixos. En canvi, la densitat de peixos a les zones d'aigües obertes de l'Estany és molt baixa.

Per tot plegat, resulta molt pertinent un anàlisi acurat de l'eficiència de la pesca elèctrica amb embarcació a l'Estany de Banyoles, per a descriure els seus patrons de variació temporal i espacial, i determinar els principals factors que hi incideixen, almenys per a les dues principals espècies que es capturen amb aquesta tècnica. Els resultats d'aquesta anàlisi poden ser essencials per una adequada planificació de futures campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles.

Caracterització i quantificació de l'esforç

L'esforç associat a l'aplicació de la pesca elèctrica es pot quantificar de diverses formes. Sovint, però no sempre, es recorre a una mesura de temps. També es pot utilitzar una mesura de l'espai cobert, o bé ambdues opcions alhora.

El temps de pesca es pot mesurar de diverses formes. En aquest projecte, s'han mesurat sempre dues variables temporals de la pesca: la duració total de la pesca i el temps de funcionament de l'equip de pesca elèctrica. La primera mesura es pren amb rellotge en mà, i compren l'interval de temps total d'operacions des de l'inici fins al final de la pesca al llarg de cada tram, descomptant només possibles aturades perllongades en el procediment de pesca que molt ocasionalment es poden donar. La segona mesura la registra un comptador incorporat a l'aparell de pesca elèctrica. La relació entre ambdues mesures és clarament lineal, malgrat que s'observa una important dispersió dels casos al voltant de la recta de regressió (Figura 5.1.15), fet que indica que es tracta de dues mesures més independents del que pot semblar d'entrada. Anàlisis temptatius de la densitat relativa (CPUE) calculada amb una i altra mesura de temps, han mostrat que el càlcul més estable d'aquesta variable d'abundància poblacional es basa en el temps promig entre

ambdues mesures o variables temporals. Per tant, s'ha optat d'aquí en endavant en utilitzar aquesta mitjana com a mesura del temps efectiu de pesca.

Per altra banda, sota el supòsit de una correcta estandardització operativa de la pesca, la intensitat de pesca (temps per unitat espacial) convindria que fos constant; d'aquesta manera no caldria considerar el temps de pesca en l'anàlisi de l'eficiència o el càlcul de l'abundància relativa (CPUEs). Ara bé, en la cas de la pesca elèctrica amb embarcació a l'Estany, tot i que s'ha procurat mantenir una intensitat de pesca sempre uniforme, amb un èxit considerable, el fet és que això no es pot assolir mai plenament, degut a múltiples imponderables: factors meteorològics (vent, sobretot), cansament o estat de la brigada, contingències operatives diverses (averies, funcionament del motor fora borda, molèsties de gent ...), i magnitud de les captures progressivament acumulades, entre altres. Això explica que, tot i existir una clara relació entre el temps de pesca i la longitud dels trams de pesca, s'observi una forta variació no explicada per aquesta relació, és a dir una alta dispersió de casos al voltant de la recta de regressió entre ambdues variables (Figura 5.1.16). Per tant, la intensitat de pesca, lluny de ser uniforme, presenta una certa variació que *a priori* convé tenir present. Aquesta situació també s'observa clarament quan s'examina la variació del temps de pesca i la intensitat de pesca per tram al llarg del projecte (Figura 5.1.17).

La intensitat de pesca mitjana per tram, i el seu coeficient de variació, semblen dependre poc o gens del temps de pesca mitjà per tram (Figura 5.1.18). Aquest fet, en principi, permet descartar certs tipus de "vicis" o desajustaments operatius en el procediment de pesca elèctrica. En canvi, s'observa una clara relació negativa entre la intensitat de pesca mitjana per tram, o el seu coeficient de variació, i la longitud del tram de pesca (Figura 5.1.19). És a dir, com més llarg és el tram de pesca menor és la intensitat de pesca mitjana, i també és menor la variació relativa d'aquesta intensitat. Aquest fet pot ser degut a múltiples factors. D'entrada, cal tenir present que en general els trams més llargs s'han establert així precisament perquè presenten una major facilitat operativa de pesca degut sobretot a les característiques del litoral, de manera, que això en facilita una pesca més ràpida, però potser no necessàriament menys eficaç. Tampoc es pot descartar el factor "cansament de l'operador" que explica que als trams més llargs s'acabi destinant menys temps per unitat lineal d'espai.

La variació de la intensitat de pesca també pot tenir l'origen en altres factors (Figura 5.1.20). De fet, s'observen alguns patrons molt clars, tant en el temps com en l'espai. La intensitat de pesca és màxima a finals de primavera i mínima a l'hivern (variació intranual). També s'observa una cert augment gradual al llarg del

projecte (variació interanual), i fins i tot un lleuger patró depenent de l'hora solar. Per altra banda, també s'observen diferències en la intensitat de pesca respecte el perfil batimètric de la riba, la potència del cinyell de vegetació helofítica, i per tant també del sector de l'estany. Totes aquestes variacions semblen tenir diverses explicacions, per bé que no és l'objecte d'aquest informe estendre-s'hi, tot i que algunes ja s'han introduït una mica més amunt. Sigui com sigui, l'existència d'aquests patrons de variació, clars i ben definits, recomanen incorporar per separat a l'anàlisi de l'eficiència de pesca, les variables temps de pesca, longitud del tram i intensitat de pesca, com a possibles fonts de variació independents.

Anàlisi de l'eficiència de pesca: perca americana

En l'anàlisi estadístic de l'eficiència de la pesca elèctrica amb embarcació de la perca americana a l'Estany de Banyoles, els factors que tenen efectes significatius en solitari, és a dir sense interaccionar amb cap altre factor o covariable, són el sector de l'Estany i la potència del cinyell de vegetació helofítica (Taula 5.2). Altres factors o covariables s'han retingut també en el resultat final, i per tant contribueixen de forma significativa a la variació de l'eficiència de pesca, però a través de diverses interaccions entre si; es tracta del perfil batimètric, l'any (efecte anualitat), el mes de l'any (efecte estacionalitat), la temperatura de l'aigua, la conductivitat de l'aigua, l'esforç (temps de pesca), la longitud del tram i el grup de mida. En canvi, han quedat totalment descartats pel seu escàs o nul efecte alguns factors i covariables: direcció del vent, hora solar, i intensitat de pesca. Per tant, aquests resultats indiquen que la interpretació de les fonts de variació de l'eficiència de pesca elèctrica de la perca americana és complexa, i cal dur-la a terme amb certa cura.

La potència del cinyell de vegetació helofítica és la font de variació més petita, per bé que estadísticament significativa. En general, les captures tendeixen a augmentar lleugerament com més gran és aquesta potència, probablement perquè això garanteix un major refugi o accés a recurs tròfic que explica una major densitat real d'exemplars de perca americana (Figura 5.1.21).

També s'observen diferències, una mica més marcades, en les captures per sector de l'Estany, fet que denota també una possible densitat diferencial entre aquests sectors, que no seria totalment explicada per algunes característiques de l'hàbitat litoral ja incorporades en aquest anàlisi, altrament aquest factor (sector de l'Estany), hauria "caigut" del model final. Les captures són més altes a tots els

sectors del lòbul nord de l'Estany (sectors ES6 a ES9). Amb tot, entre aquests quatre sectors, el sector ES9, corresponent a la cubeta III, presenta una densitat relativa menor a la resta del lòbul nord. Aquest fet pot estar relacionat amb la dinàmica limnològica diferenciada, i en bona mesura independent, que presenta aquesta cubeta respecte la resta de l'Estany. Al lòbul sud s'observa una lleuger efecte afegit de l'antropització del litoral, de forma que la densitat relativa és menor als sectors orientals de l'Estany, és a dir al front urbà de Banyoles a l'Estany.

La incidència del tipus de perfil batimètric sobre la densitat relativa depèn alhora del grup de mida. Pels exemplars més petits, la densitat és sempre major en trams amb perfil batimètric poc abrupte, probablement perquè hi troben major o millor refugi davant els peixos grans depredadors, incloent els de la seva pròpia espècie. Per la resta de mides (>10cm), la densitat relativa és sempre força major en trams amb un perfil batimètric abrupte, amb pendents fortes, és a dir en el que la bata disminueix molt a poca distància del litoral.

Tanmateix, la font de variació principal de la eficiència de pesca d'aquesta espècie és clarament l'estacionalitat (factor mes de l'any), malgrat que interaccionant novament amb el grup de mida, de forma que el patró de variació estacional de l'eficiència de pesca o densitat relativa és clarament diferent segons el grup de mida (Figura 5.1.22). Els exemplars més petits (<10cm), es capturen molt més a la tardor, després que reclutin a efectes de la tècnica de captura, però també amb un petit pic incipient a la primavera. Pels exemplars mitjans (10-30cm), s'observa un únic pic màxim d'eficiència de pesca entre els mesos de maig i juny. En canvi, pels exemplars grans (30-40cm), el perfil és clarament invers, amb més captures relatives a l'hivern. En els exemplars molt grans no s'observa cap patró estacional nítid, en bona mesura degut a les escasses captures globals que s'obtenen. La magnitud de totes aquestes oscil·lacions estacionals en la eficiència de captura és molt gran pels peixos petits, essent les captures fins a 22 vegades més grans en termes absoluts en època de màxima eficiència respecte el moment de mínima eficiència. En el cas dels mitjans, la magnitud de les diferències baixa a 2-4 vegades, i en el cas dels grans a 1,5 vegades.

Després de l'estacionalitat, però lluny del seu nivell d'efecte, l'efecte any (anualitat) és el següent amb més incidència, també amb un efecte diferent segons el grup de mida (Figura 5.1.23). S'observa un increment gradual al llarg del projecte de la densitat relativa dels exemplars més petits (<10cm), i per contra una disminució dels més grans (>40cm). En canvi, pels exemplars mitjans (10-40cm), el perfil còncau indica un efecte important durant la primera part de les campanyes de control, suficient per a fer disminuir també la densitat d'aquests grups de mida, per

bé que després les densitats s'haurien recuperat. Aquests resultats són fins a cert punt coherents amb els efectes generals del control demogràfic sobre aquesta espècie, que s'analitzaran amb major detall més endavant. Amb tot, cal interpretar-los amb certa prudència, perquè no tots els anys han estat coberts completament per les campanyes de pesca, fet que pot influir en el còmput de mitjanes ajustades malgrat la introducció en el model del factor mes de l'any.

Finalment, les quatre covariables amb un efecte significatiu sobre l'eficiència de pesca interaccionen també amb el grup de mida, és a dir, el seu efecte és significativament diferent per a cada grup de mida. La temperatura de l'aigua, l'esforç (temps de pesca), i la longitud del tram fan augmentar les captures, mentre que la conductivitat les fa disminuir. D'aquestes quatre covariables la que produeix un major efecte és l'esforç, fet que confirma que el temps de pesca és la unitat de referència més adequada per al càlcul de la densitat relativa d'aquesta espècie a partir de les pesques elèctriques: Captures per Unitat d'Esforç (CPUEs), unitat: ind./hora.

Anàlisi de l'eficiència de pesca: peix sol

En l'anàlisi estadístic de l'eficiència de la pesca elèctrica amb embarcació del peix sol a l'Estany de Banyoles, els factors que tenen efectes significatius en solitari, és a dir sense interaccionar amb cap altre factor o covariable, són el sector de l'Estany i el perfil batimètric (Taula 5.3). Altres factors o covariables també s'han retingut en el resultat final, i per tant contribueixen de forma significativa a la variació de l'eficiència de pesca, però a través de diverses interaccions entre si; es tracta de l'any (efecte anualitat), el mes de l'any (efecte estacionalitat), la conductivitat de l'aigua, l'esforç (temps de pesca), la longitud del tram i el grup de mida. En canvi, han quedat totalment descartats pel seu escàs o nul efecte alguns factors i covariables: direcció del vent, hora solar, temperatura de l'aigua, potència del cinyell de vegetació helofítica i intensitat de pesca.

El perfil batimètric és la font de variació més petita, però estadísticament significativa. Les captures de peix sol són lleugerament més baixes quan el perfil batimètric és abrupte, probablement degut a la menor disponibilitat d'hàbitat i refugi.

Les diferències en les captures de peix sol per sector de l'Estany són petites. Bàsicament s'observa una menor densitat a ambdues ribes del centre de l'Estany (Sectors ES1 i ES5), sense que això sembli tenir cap explicació evident o coneguda.

Com en el cas de la perca americana, i encara de forma més contundent, la font de variació principal de la eficiència de pesca del peix sol és l'estacionalitat (factor mes de l'any), interaccionant també amb el grup de mida (Figura 5.1.26). Els exemplars més petits (<7,5cm) es capturen molt més a l'hivern, quan han reclutat completament i de forma efectiva a la tècnica de captura. En canvi, pels exemplars mitjans i grans (>7,5cm), s'observa un únic pic màxim d'eficiència de pesca entre els mesos de maig i juliol. La magnitud d'aquestes oscil·lacions estacionals en la eficiència de captura és molt gran, entre 2,2 i 7 vegades en termes de captures absolutes.

Després de l'estacionalitat, però lluny del seu nivell d'efecte, l'efecte any (anualitat) també és important però també diferent segons el grup de mida (Figura 5.1.25). S'observa un increment gradual al llarg del projecte de la densitat relativa de tots els grups de mida, en general més acusat pels exemplars més petits. Aquests resultats en concret es comenten més endavant en l'apartat d'anàlisi dels resultats de les campanyes de control de peixos exòtics.

Per altra banda, s'observen altres interaccions significatives on hi estan involucrades les covariables, de les quals la que té més efecte és l'esforç (temps de pesca), que depèn del grup de mida, però que en general el seu augment produeix un augment de les captures.

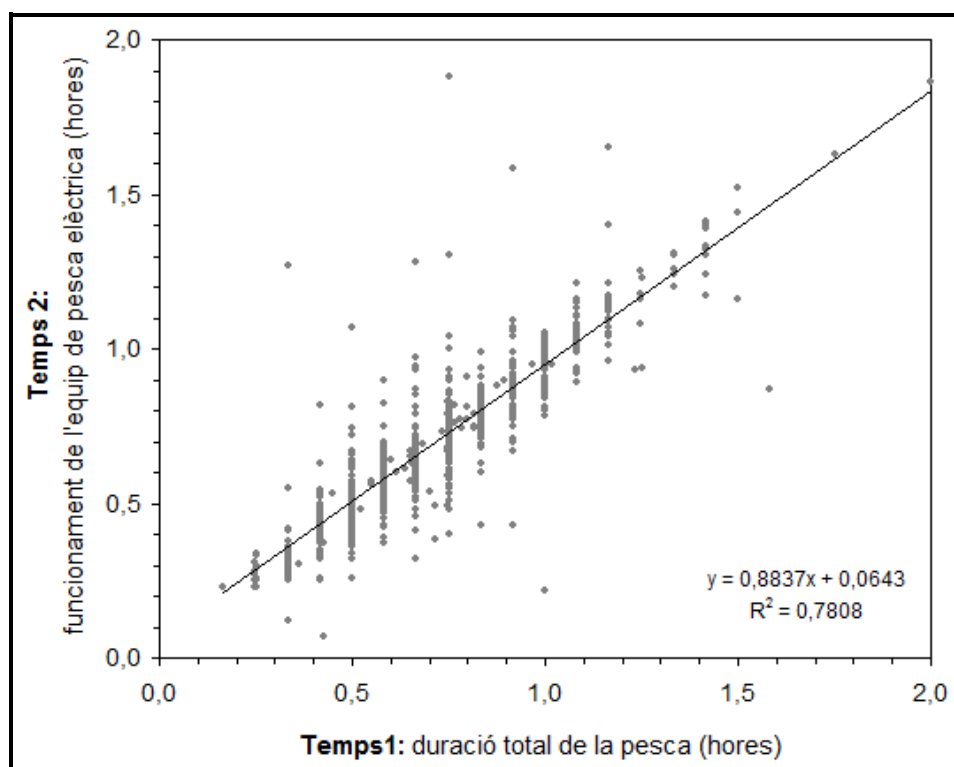


Figura 5.1.15.- Relació entre la duració total de cada pesca (Temps 1), i el temps de funcionament de l'equip de pesca elèctrica o temps efectiu de pesca (Temps 2). Font: Consorci de l'Estany.

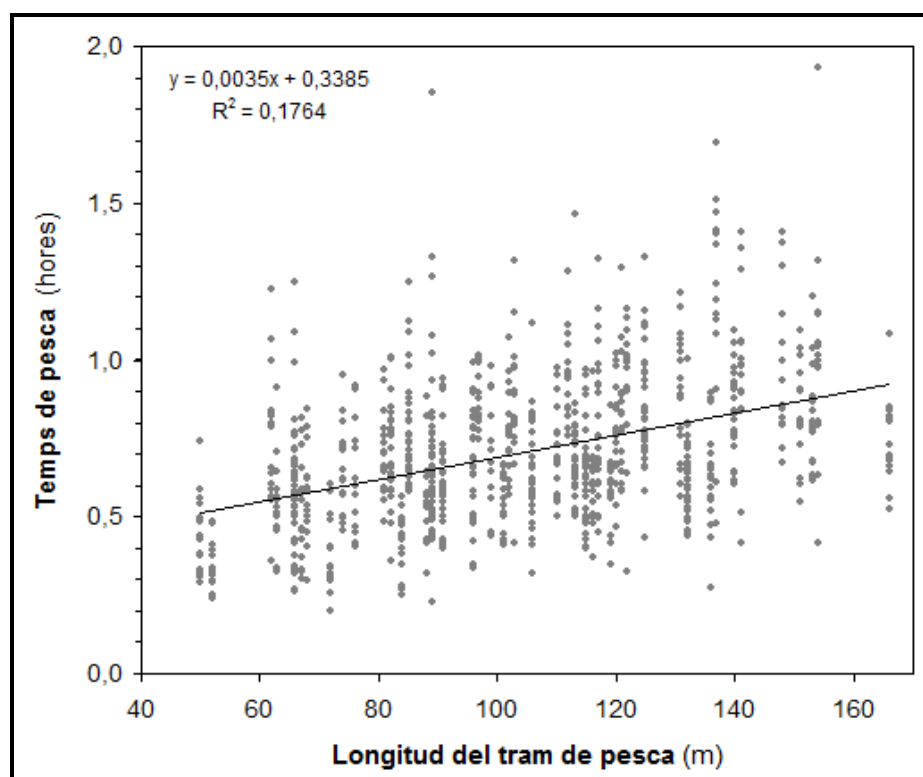


Figura 5.1.16.- Relació entre la longitud del tram de pesca i el temps de pesca. Font: Consorci de l'Estany.

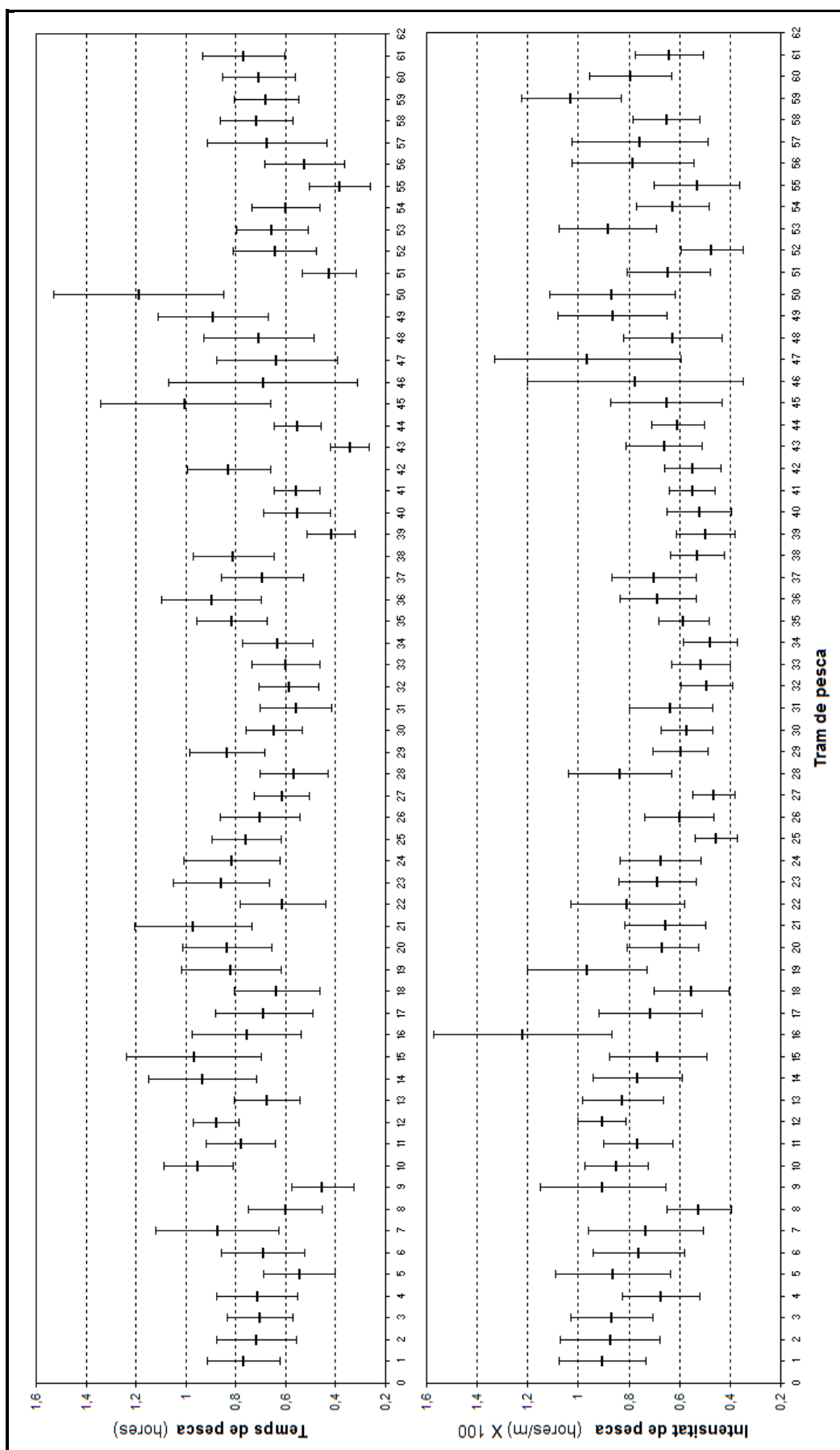


Figura 5.1.17.- Mitjanes del temps de pesca i la intensitat de pesca, per tram de pesca. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

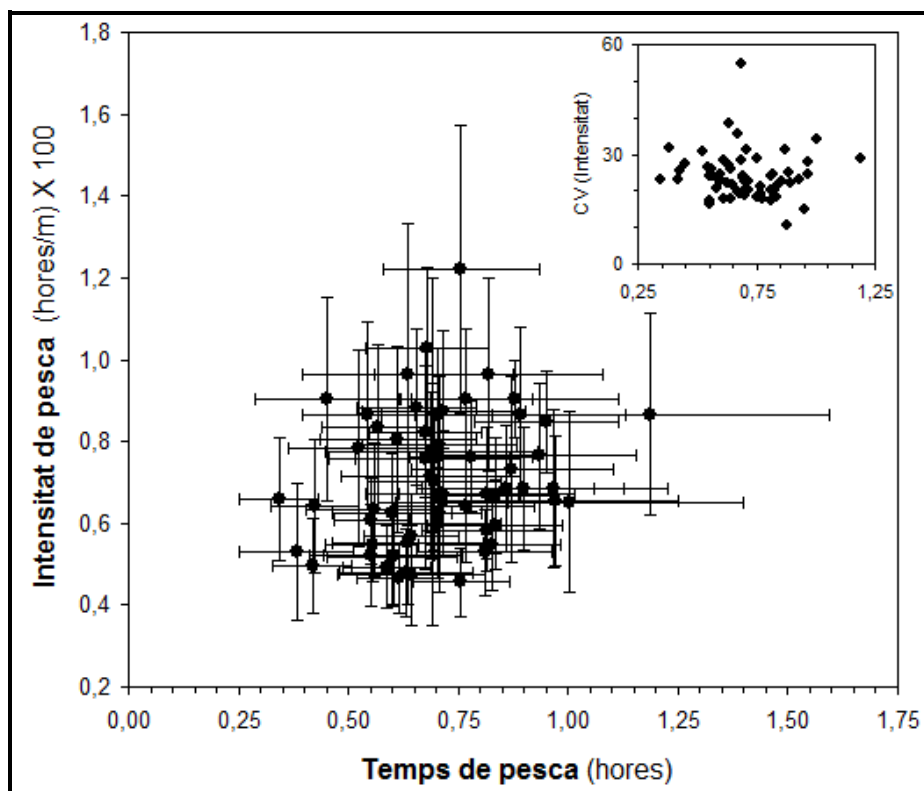


Figura 5.1.18.- Relació entre les mitjanes per tram de pesca del temps de pesca i la intensitat de pesca. Les barres representen els respectius errors estàndards d'ambdues variables. Font: Consorci de l'Estany.

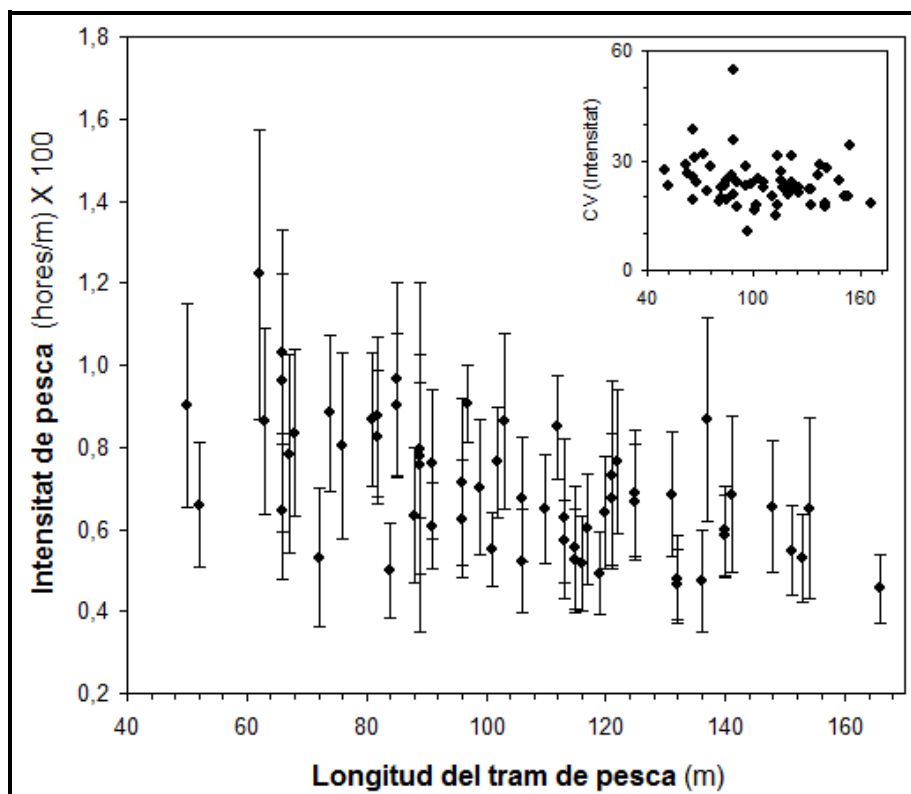


Figura 5.1.19.- Relació entre la longitud del tram de pesca i la mitjana de la intensitat de pesca. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

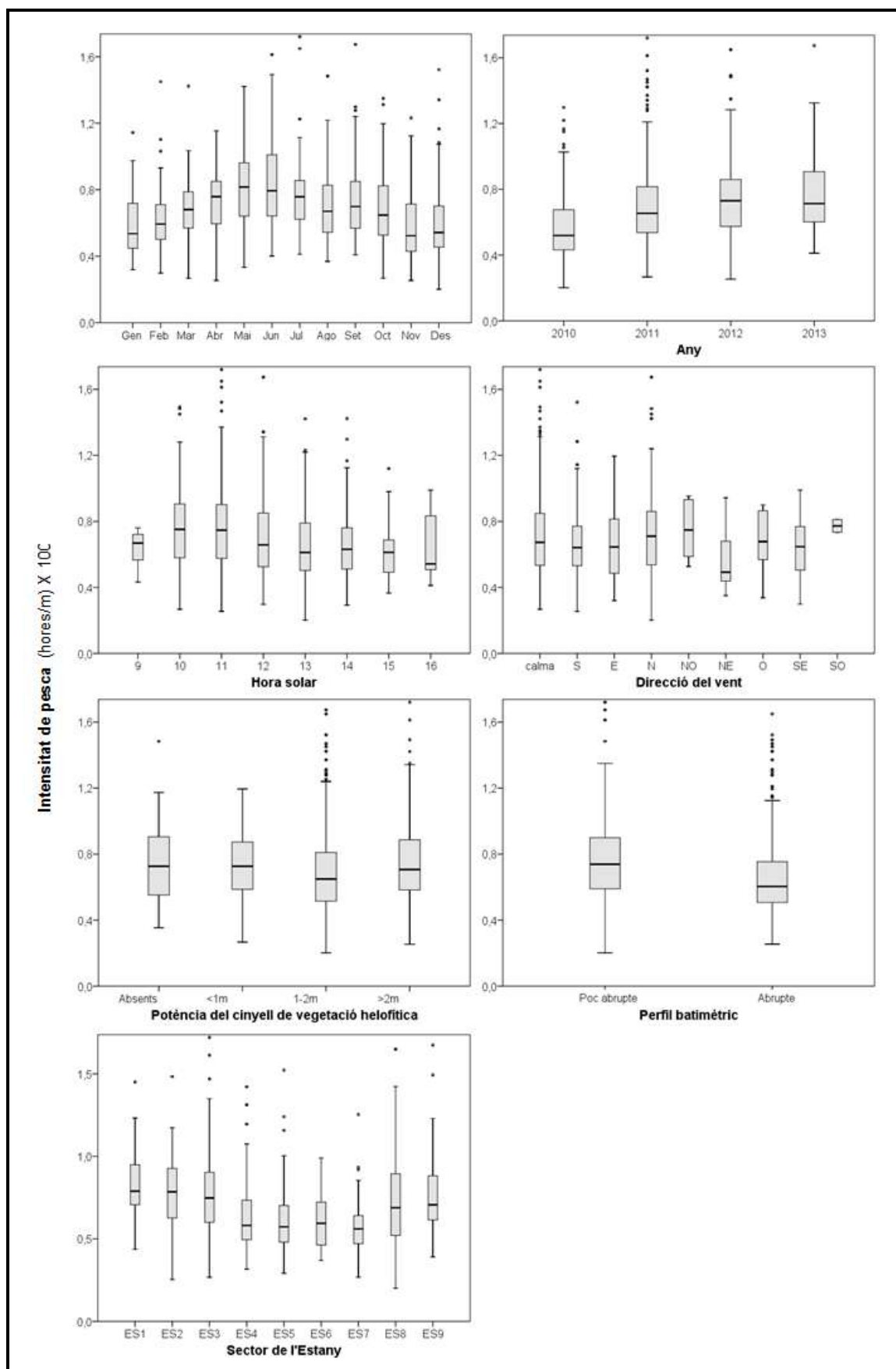


Figura 5.1.20.- Patrons de variació de la intensitat de pesca en funció de diversos factors: mes de l'any, any, hora solar, direcció del vent, potència del cinzell d'helòfits, perfil batimètric i sector de l'Estany. Font: Consorci de l'Estany.

PERCA AMERICANA				
MLG		Variable ^a : Captures		
		Chi-quadrat de Wald	g.l.	Sig.
CONTRAST OMNIBUS:		10 753,9	130	0,0000
CONTRAST DELS EFECTES:				
INTERSECCIÓ		1,5	1	0,2247
Covariables:	-	-	-	-
Interaccions covariables:	-	-	-	-
Factors:	Sector de l'Estany	110,3	8	<0,0001
	Potència del cinyell de vegetació helofítica	20,5	3	0,0001
Interaccions factors:	Perfil batimètric X Grup de mida	122,1	6	<0,0001
	Any (efecte anualitat) X Grup de mida	456,4	18	<0,0001
	Mes de l'any (efecte estacionalitat) X Grup de mida	2365,7	66	<0,0001
Interaccions covariables factors:	Temperatura de l'aigua ^a X Grup de mida	154,7	6	<0,0001
	Conductivitat de l'aigua ^a X Grup de mida	115,1	6	<0,0001
	Esforç (temps de pesca) ^a X Grup de mida	409,8	6	<0,0001
	Longitud del tram ^a X Grup de mida	102,4	6	<0,0001
Covariables i factors descartats:		AIC consistent (CAIC): 279,2		
Intensitat de pesca ^a				
Direcció del vent				
Hora solar				

Tabla 5.2.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana per tram de pesca, al llarg de totes les campanyes de pesca elèctrica (2010-2013). S'han seleccionat aquells factors, covariables o les seves interaccions dobles que, amb un efecte significatiu, comporten la millor solució global del model, escollida mitjançant minimització del CAIC. ^a Transformació logarítmica. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

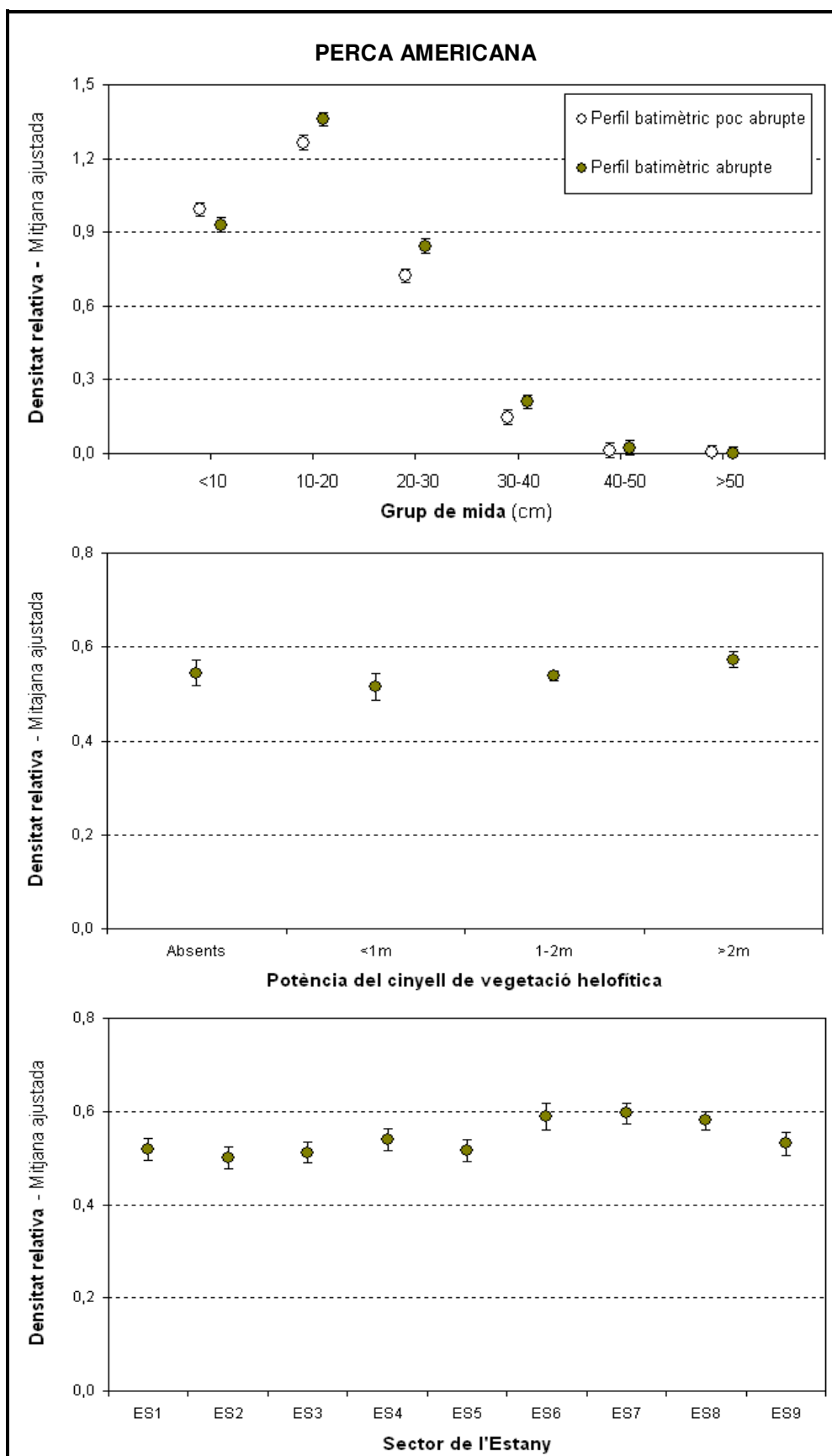


Figura 5.1.21.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pels factors Grup de mida X Perfil batimètric, Potència del cinyell de vegetació helofítica, i Sector de l'Estany. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

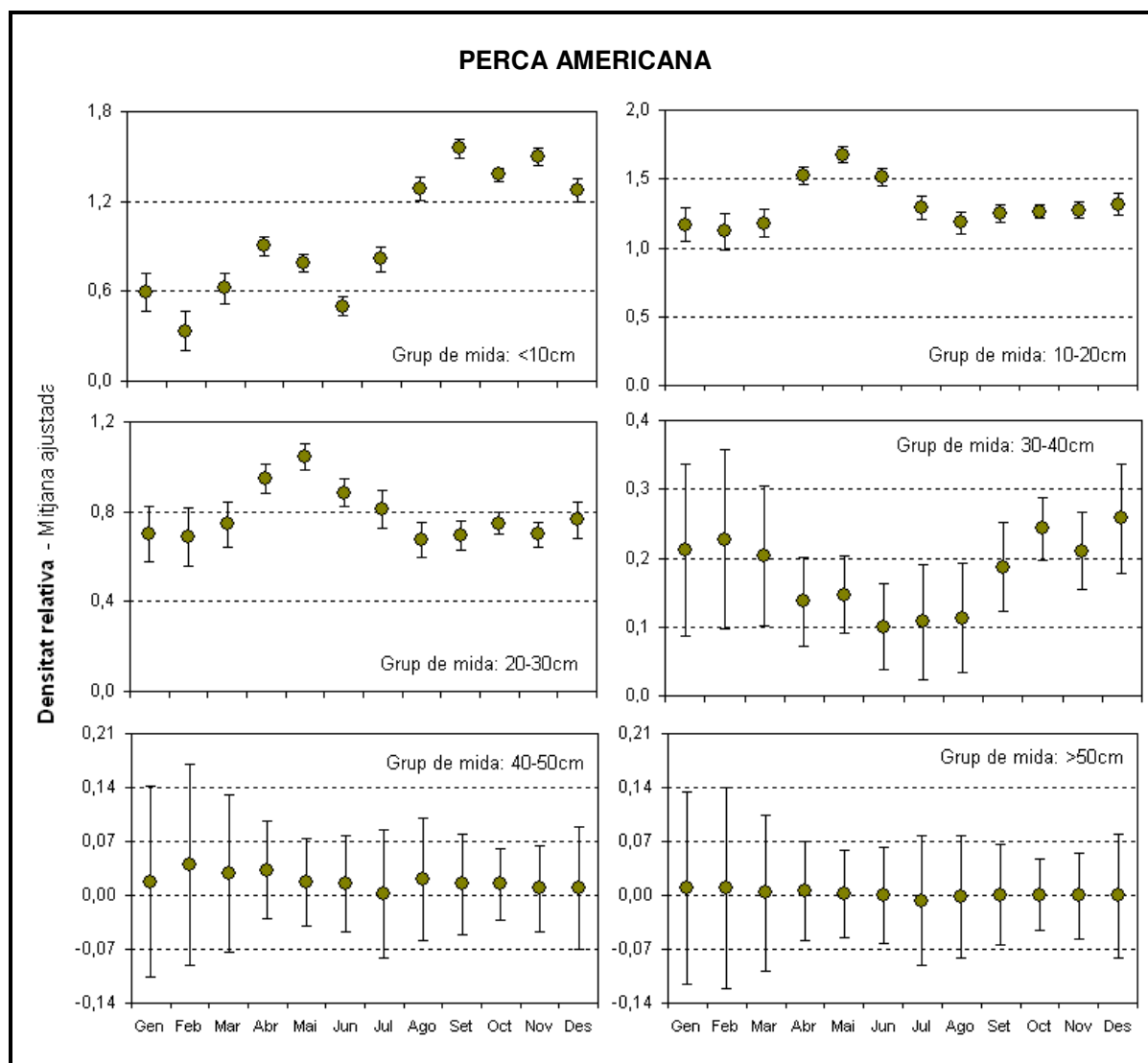


Figura 5.1.22.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Mes de l'any. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

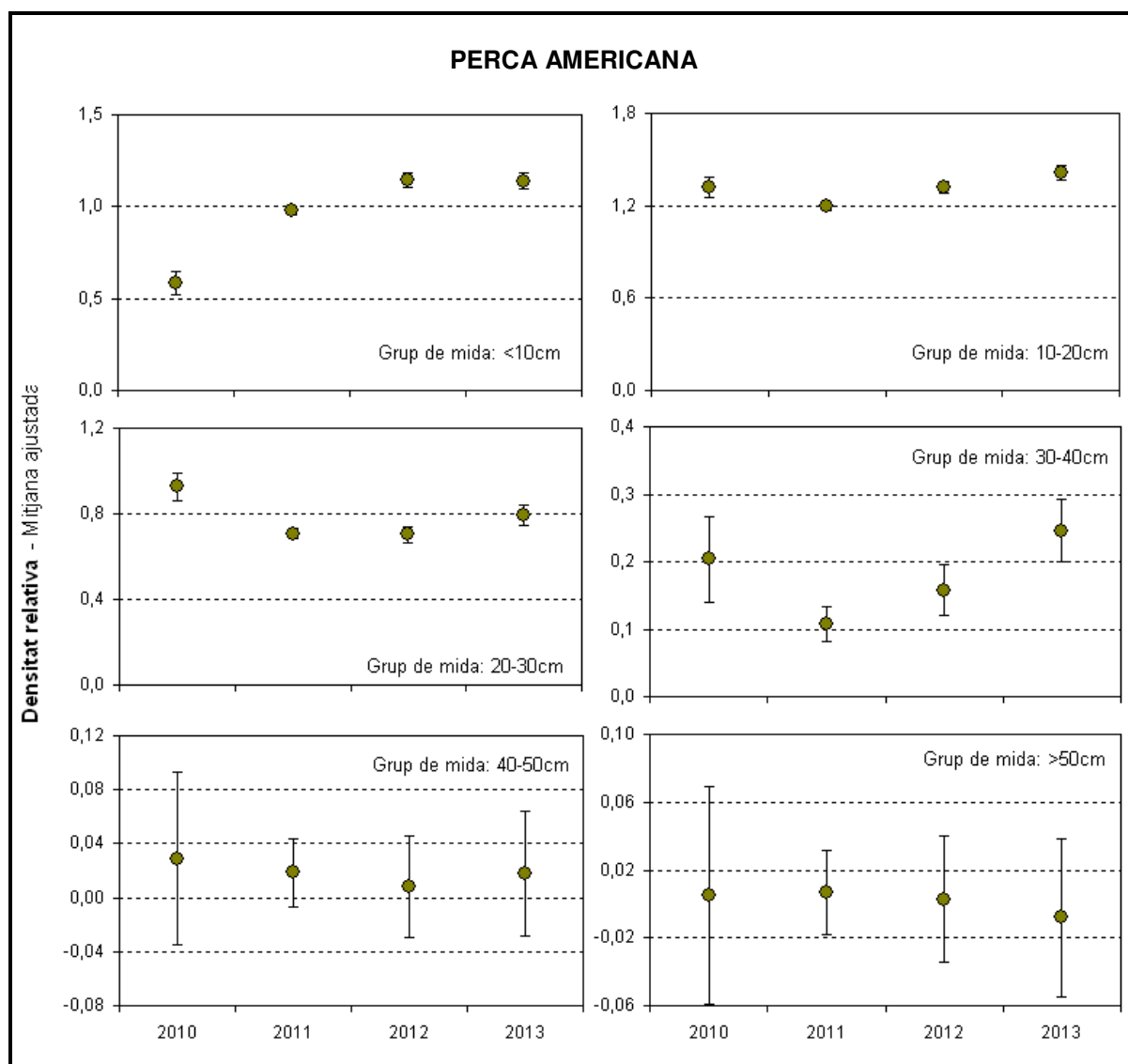


Figura 5.1.23.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

PEIX SOL				
MLG		Variable ^a : Captures		
		Chi-quadrat de Wald	g.l.	Sig.
CONTRAST OMNIBUS:		6653,3	109	<0,0001
CONTRAST DELS EFECTES:				
INTERSECCIÓ		2,5	1	0,1120
Covariables:	-	-	-	-
Interaccions covariables:	Esforç (temps de pesca) ^a X Longitud del tram ^a	19,8	1	<0,0001
Factors:	Sector de l'Estany	40,5	8	<0,0001
	Perfil batimètric	17,2	1	<0,0001
Interaccions factors:	Any (efecte anualitat) X Grup de mida	124,9	18	<0,0001
	Mes de l'any (efecte estacionalitat) X Grup de mida	2191,7	66	<0,0001
Interaccions covariables factors:	Esforç (temps de pesca) ^a X Grup de mida	139,6	6	<0,0001
	Any (efecte anualitat) X Conductivitat de l'aigua ^a	24,4	4	0,0001
Covariables i factors descartats: Temperatura de l'aigua ^a Intensitat de pesca ^a Potència del cinyell de vegetació helofítica Direcció del vent Hora solar		AIC consistent (CAIC): 3268,0		

Tabla 5.3.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol per tram de pesca, al llarg de totes les campanyes de pesca elèctrica (2010-2013). S'han seleccionat aquells factors, covariables o les seves interaccions dobles que, amb un efecte significatiu, comporten la millor solució global del model, escollida mitjançant minimització del CAIC. ^a Transformació logarítmica. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

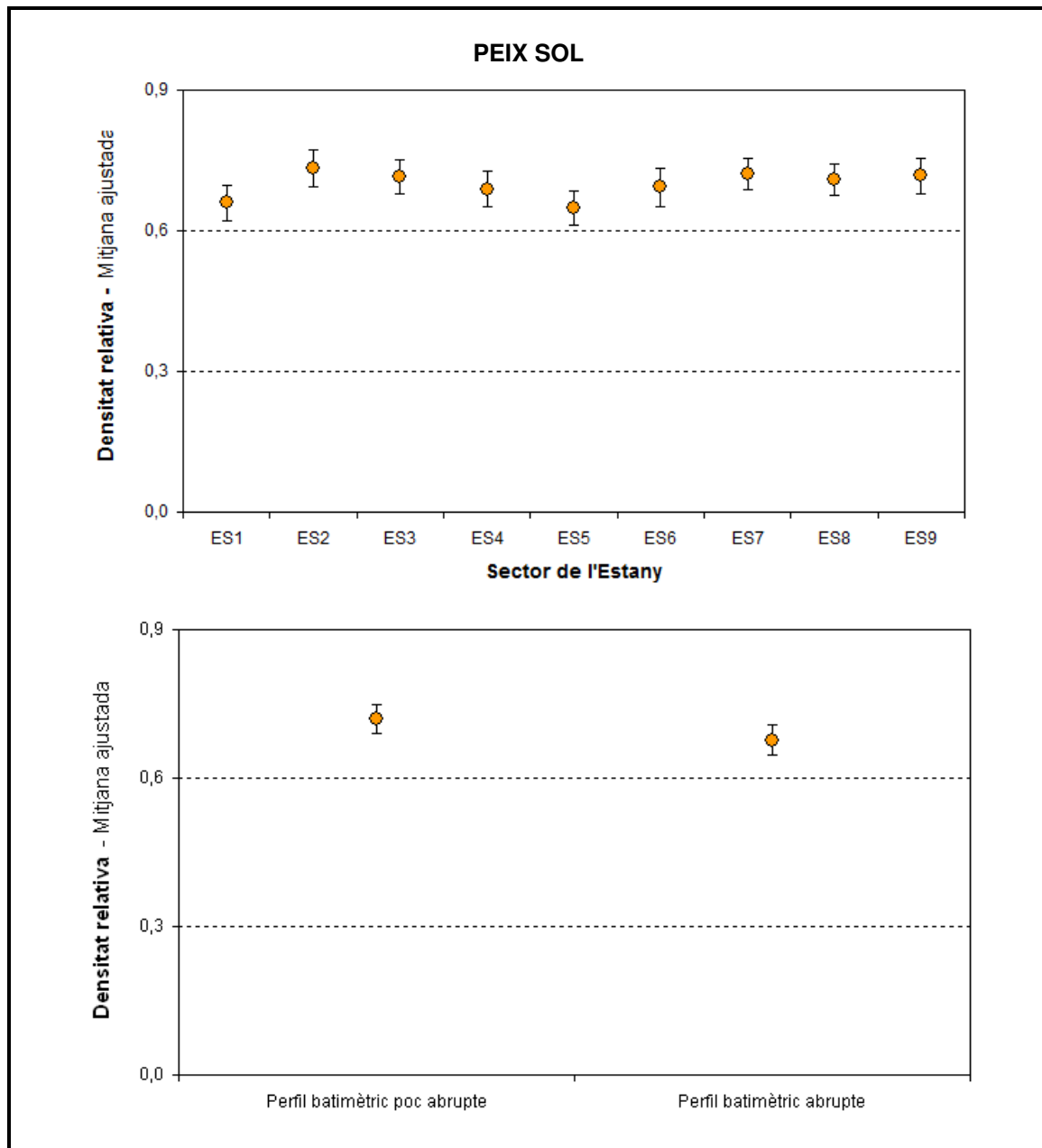


Figura 5.1.24.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pels factors Sector de l'Estany i Perfil batimètric. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

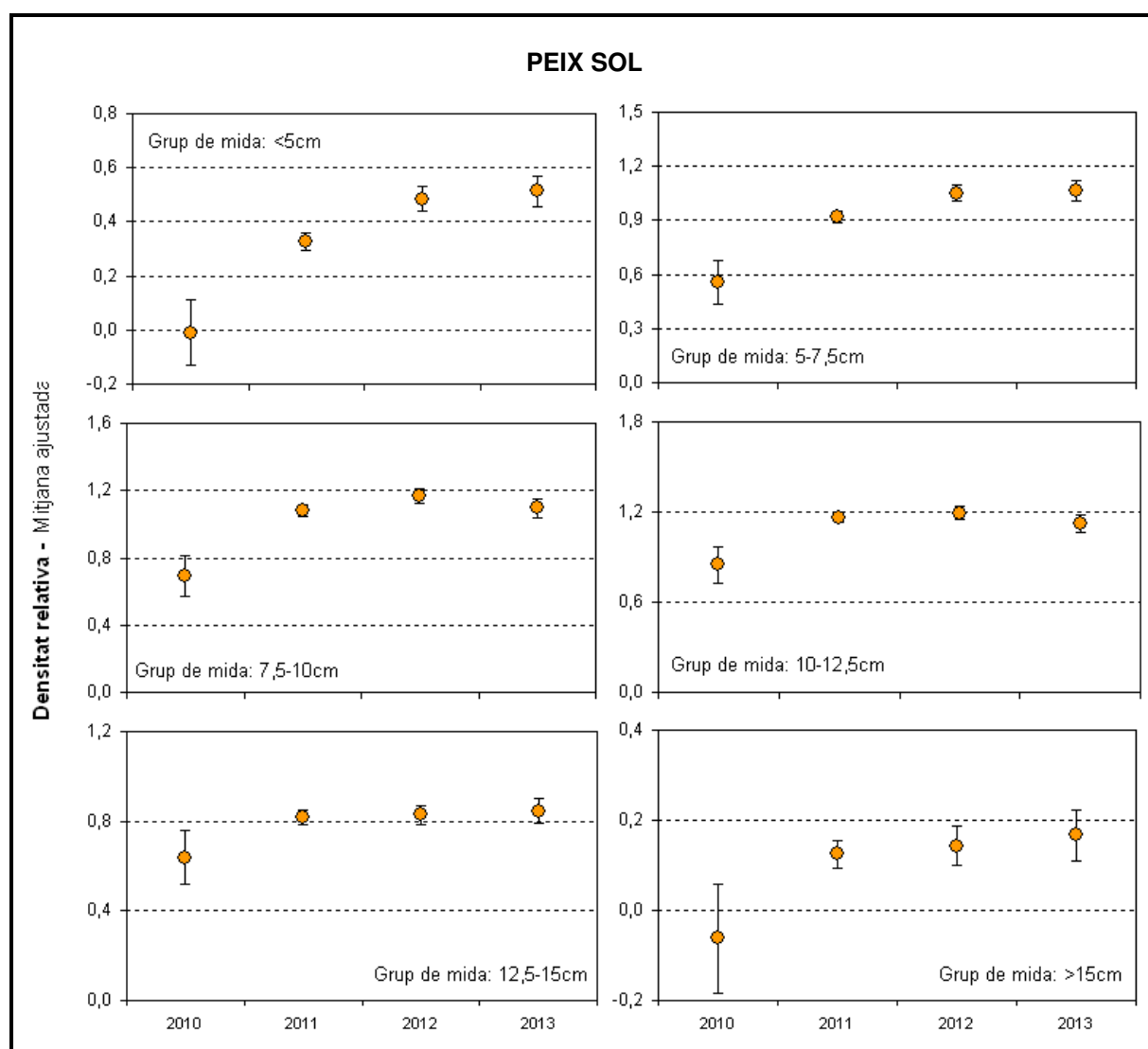


Figura 5.1.25.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

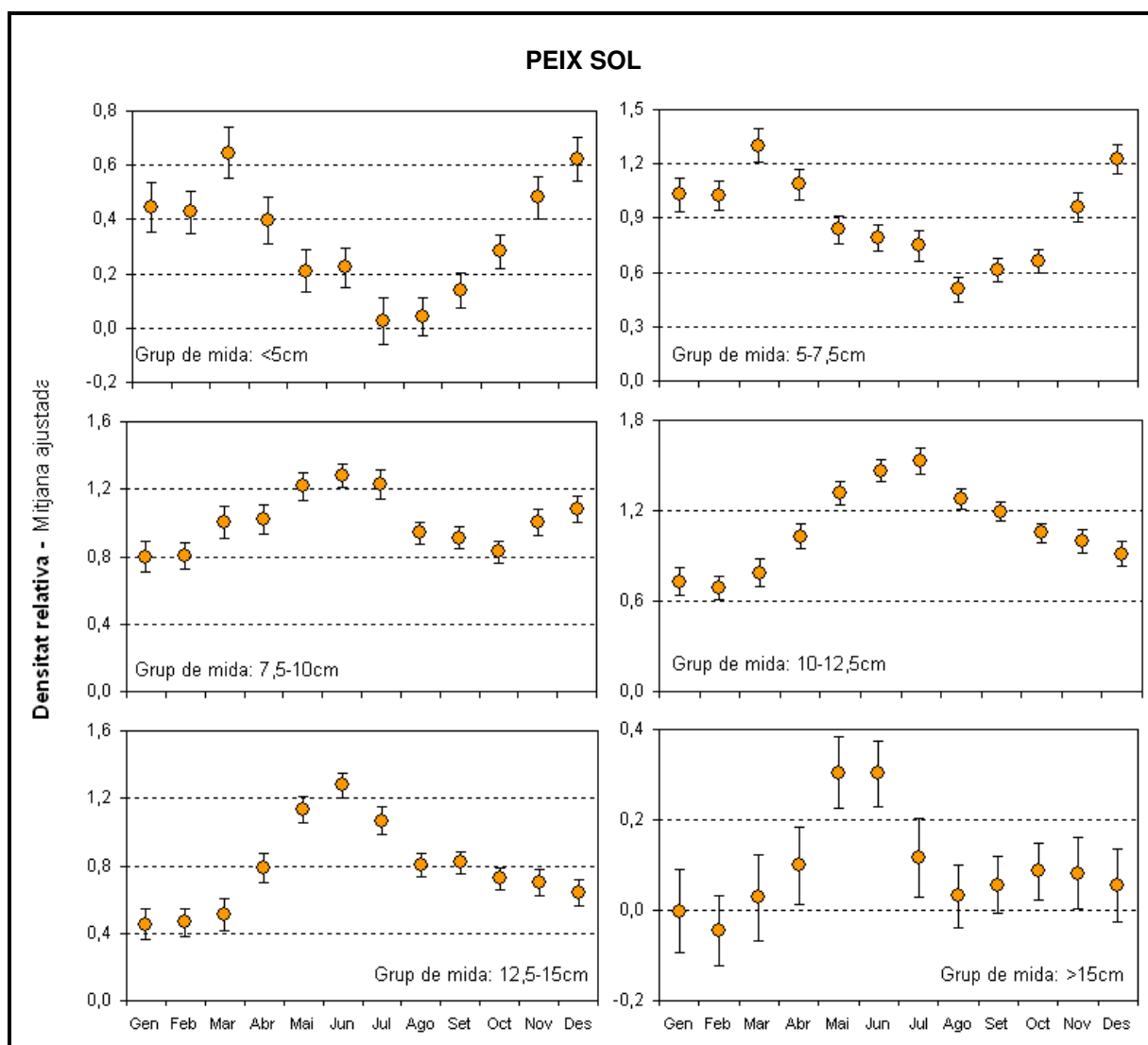


Figura 5.1.26.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre les captures de peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Mes de l'any. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

5.1.4.- EFICIÈNCIA DE LES XARXES

En l'anàlisi de l'eficiència de la pesca elèctrica amb diferents tipus de xarxes a l'Estany de Banyoles, s'observen diferències notables en les captures totals entre sectors de l'Estany de Banyoles (Figures 5.1.27 a 5.1.29). En general als sectors situats a llevant de l'Estany, les captures amb xarxes són més baixes. En el cas dels tresmalls petits (llum de malla interna: 2cm), els sectors ES4 i ES7 es configuren com les zones amb majors captures amb aquesta tècnica en concret, sobretot gràcies a una gran abundància de peix sol. En canvi, amb els tresmalls grans (llum de malla interna: 3,8cm), les captures més altes es donen als sectors ES1, ES5, ES 6 i ES7, essent la perca la principal espècie que explica les diferències entre sectors.

Pel que fa al patró de l'eficiència respecte la batimetria, encara és més clar (Figures 5.1.30 a 5.1.32). D'entrada, les captures amb totes les xarxes sempre són més copioses a una profunditat intermèdia, situada entre els 5 i els 10 metres. En el cas dels tresmalls petits, les captures mínimes es donen a l'estrat batimètric més profund (10-15m), degut a l'escassa presència de peixos de petita talla a aquesta fondària, sobretot de peix sol. Pels tresmalls grans, en canvi, les captures generals són més baixes a l'estrat batimètric superior (0-5m), degut sobretot a una molt menor captura de perca en aquestes fondàries. Pel que fa a les soltes grans, el mínim de captures totals també es sol produir a la màxima profunditat (10-15m), degut principalment a què pràcticament tan sols s'hi capturen grans carpes.

Espècie per espècie, aquests patrons d'eficiència de pesca amb xarxes presenten algunes particularitats en funció de la fondària, l'època i la tècnica de captura (Figures 5.1.33 a 5.1.35). Amb els tresmalls grans es capturen més perques a l'estiu i la tardor, tot i que en el cas dels tresmalls petits s'igualen a les captures de primavera. La perca americana, que tot indica que en general es captura amb força ineficiència amb les xarxes utilitzades, presenta un patró estacional semblant al de la perca, però per contra sempre és més abundant a poca fondària, i per tant, a prop del litoral. El peix sol, es captura sobretot amb els tresmalls petits, i tot i que també ocupa massivament el litoral a poca fondària, és força abundant a l'estrat batimètric intermedi, però amb certes variacions estacionals en aquest patró que poden ser degudes a canvis estacionals en l'ús de l'hàbitat. La sandra i la carpa presenten patrons estacionals de captura amb xarxes semblants, amb el mínim de captures a l'hivern i el màxim a l'estiu, tot i que respecte la fondària la sandra és sempre més abundant a fondàries intermèdies (5-10m), mentre que la carpa es sol

capturar més a escassa profunditat, però paradoxalment sense deixar de ser una de les espècies més abundants a l'estrat batimètric més profund.

Pel que fa als espectres de mides de les captures amb xarxes, no s'observa cap patró de variació clar entre sectors de l'estany de la longitud mitjana de cap de les espècies més abundants (Figura 5.1.36). En canvi, respecte a la fondària, per algunes espècies com la sandra i la carpa s'observa un augment gradual de la longitud mitjana, gradient molt més subtil per a les altres espècies i en tot cas lògicament només visible amb les captures amb tremalls petits (Figura 5.1.37).

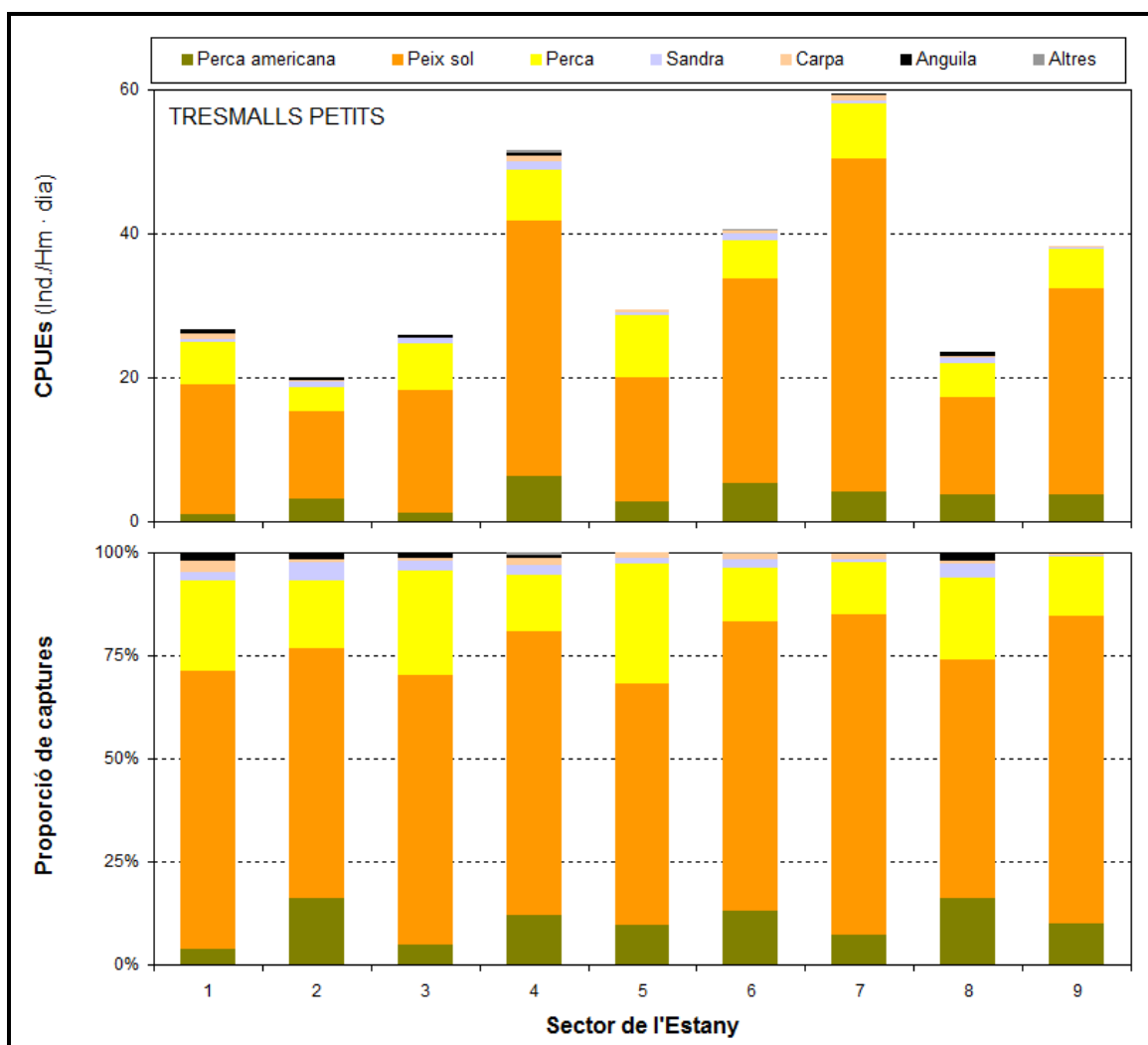


Figura 5.1.27.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per sector de l'Estany. Font: Consorci de l'Estany.

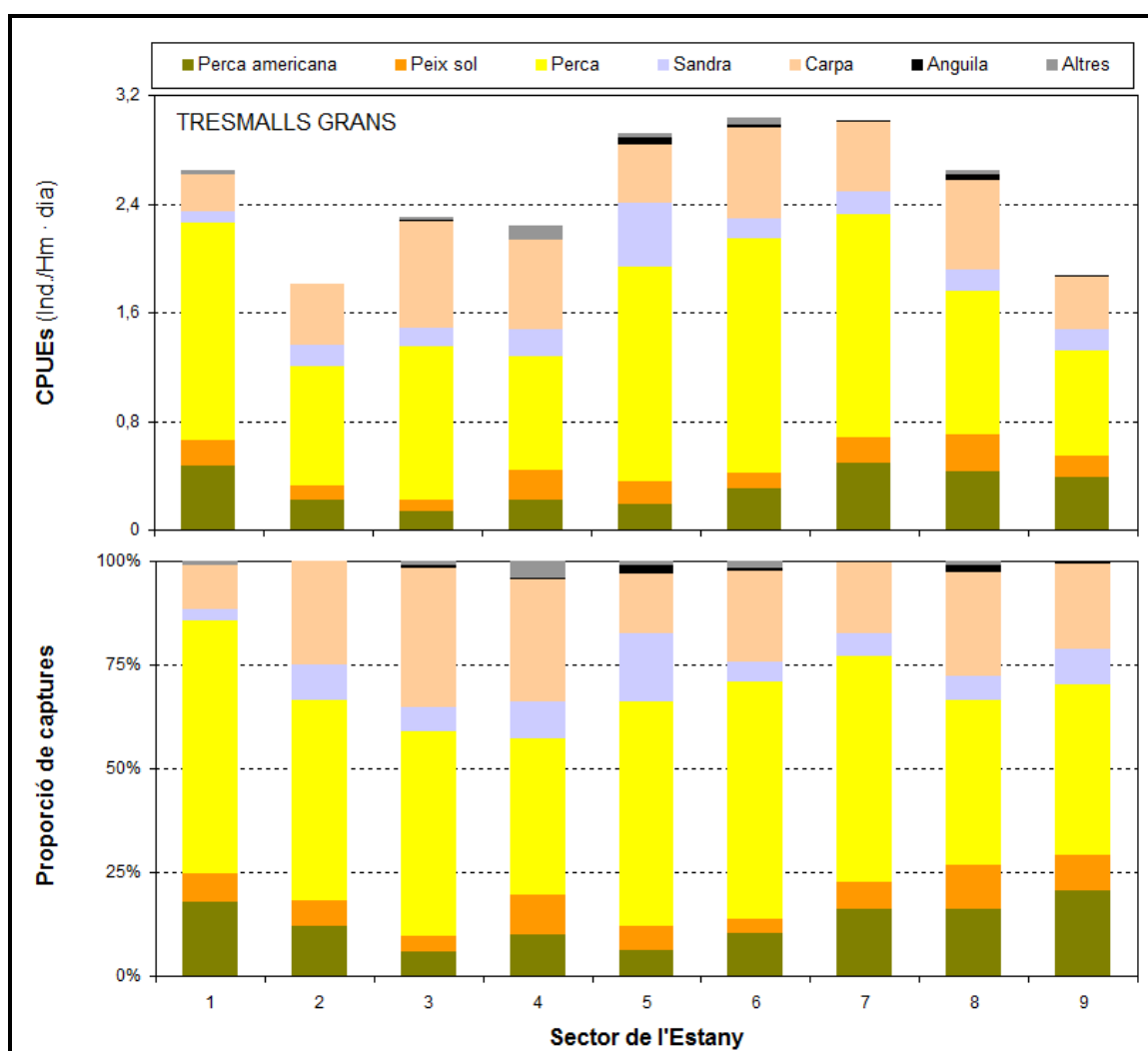


Figura 5.1.28.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per sector de l'Estany. Font: Consorci de l'Estany.

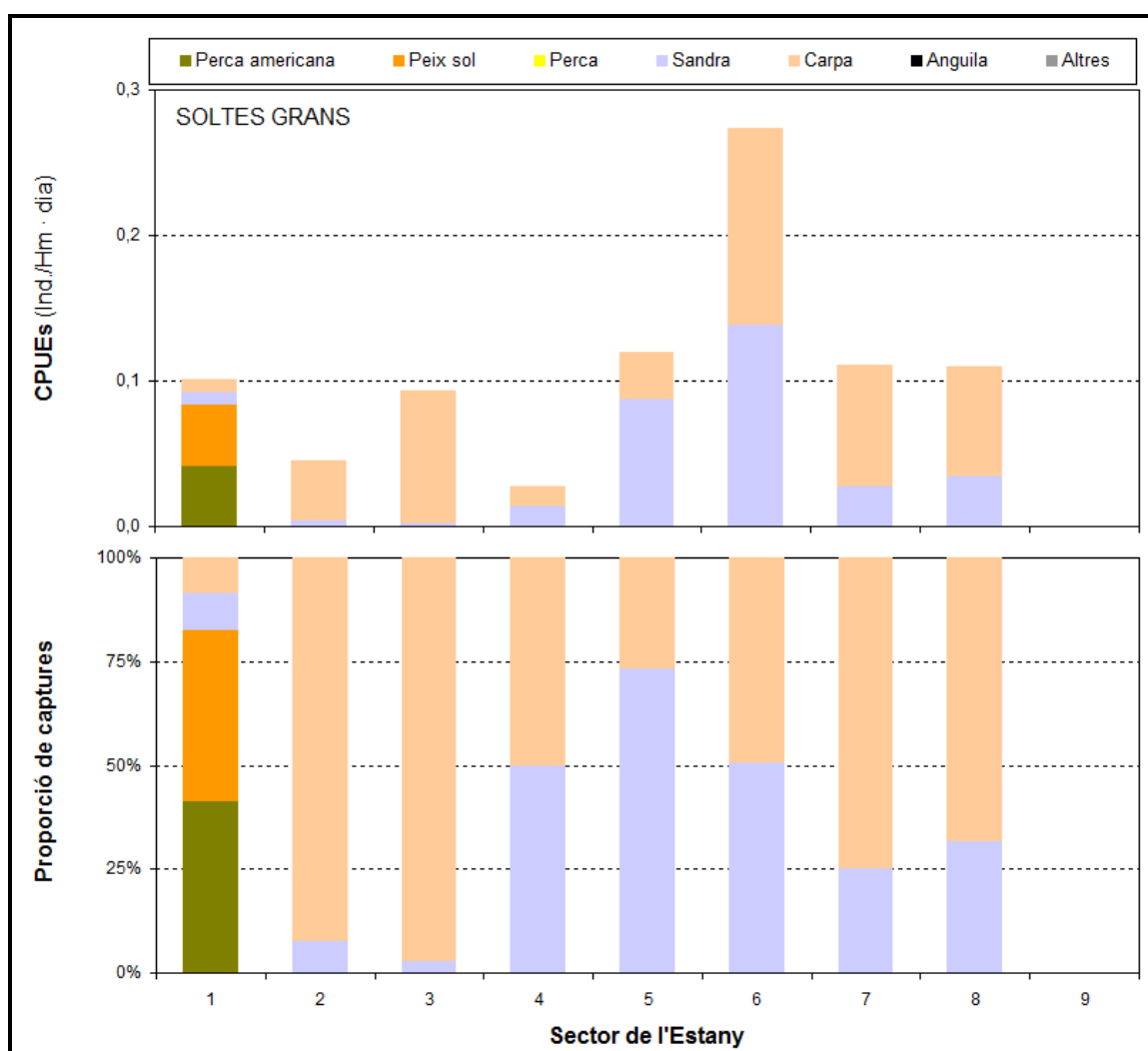


Figura 5.1.29.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (>60mm), per sector de l'Estany. Font: Consorci de l'Estany.

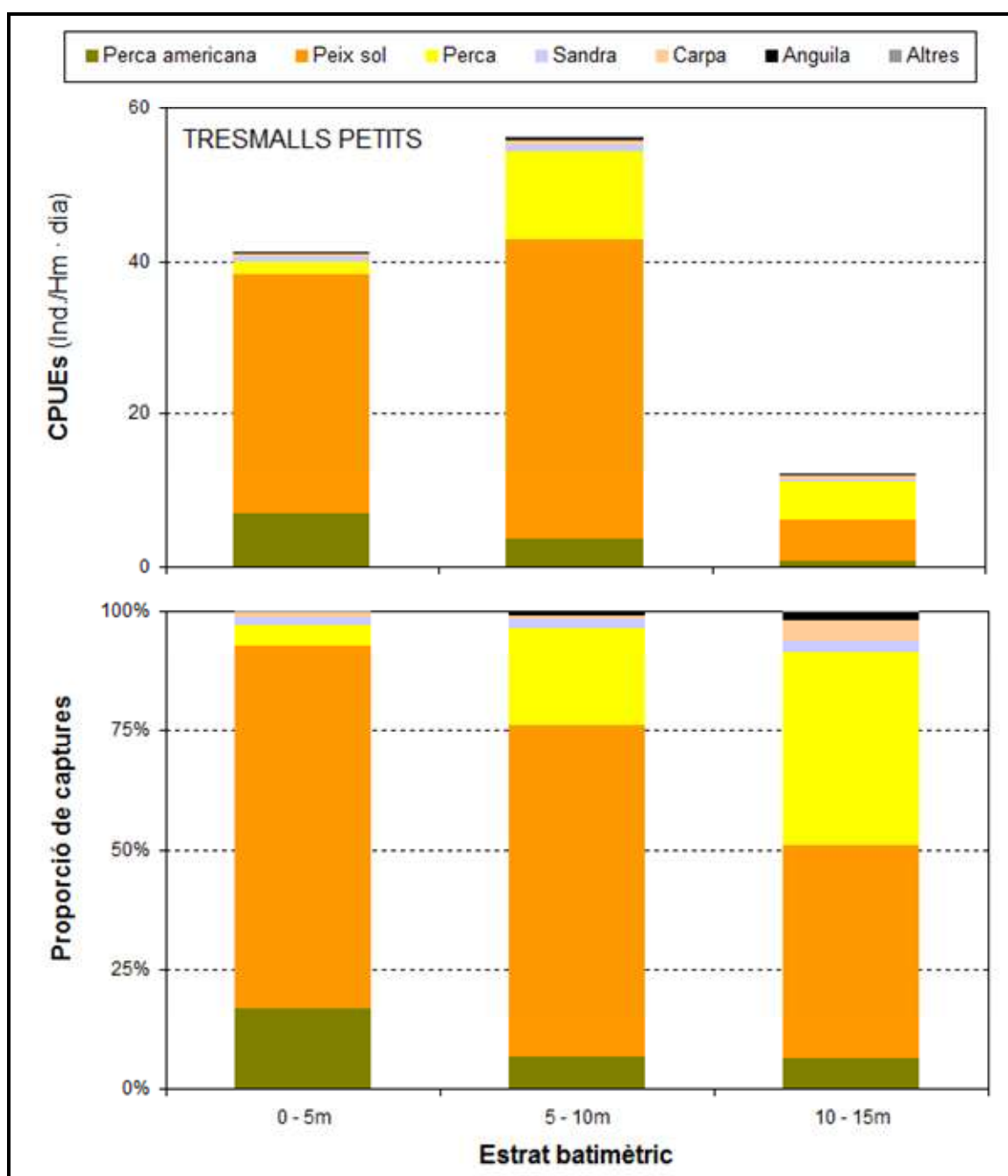


Figura 5.1.30.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

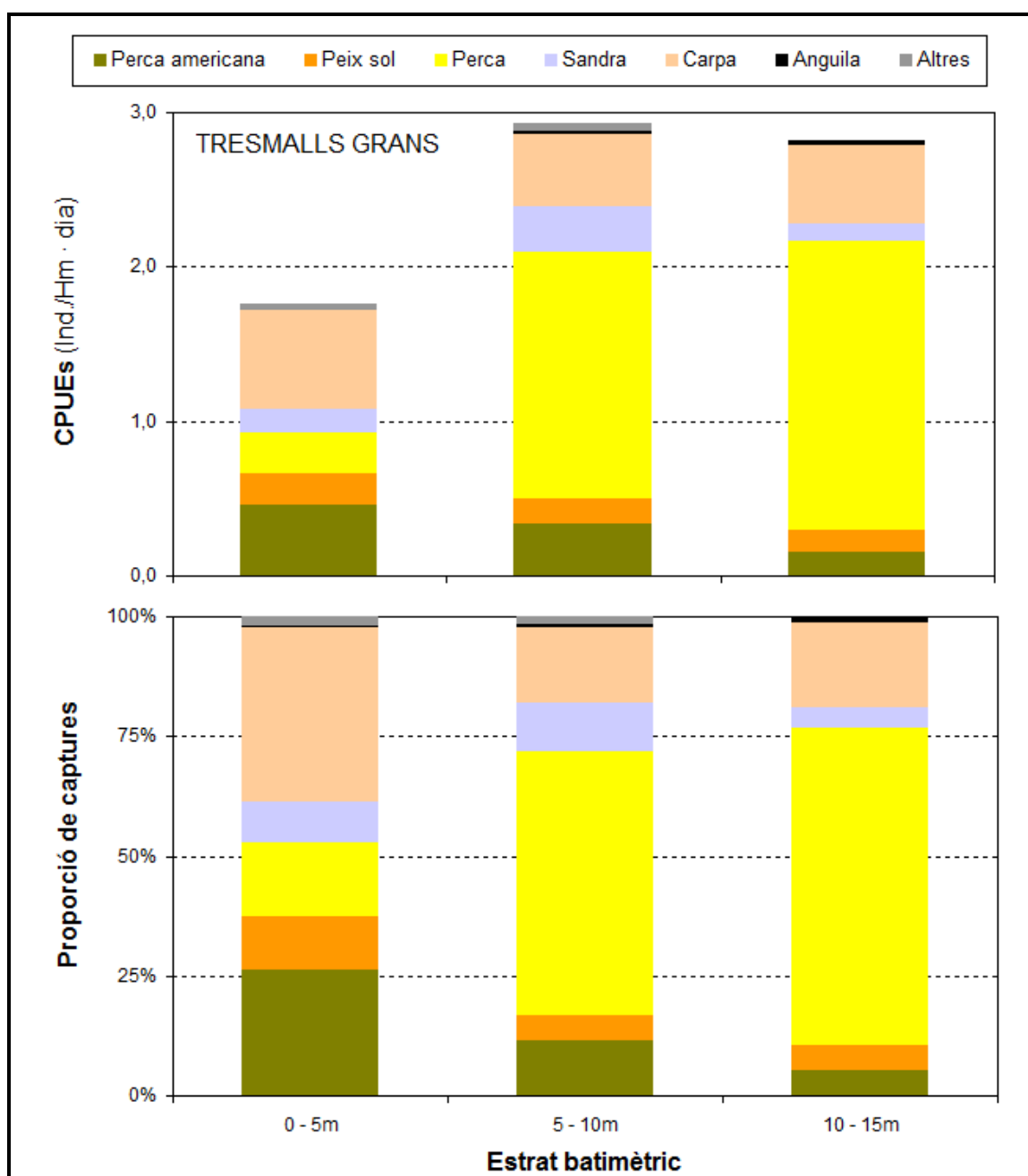


Figura 5.1.31.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

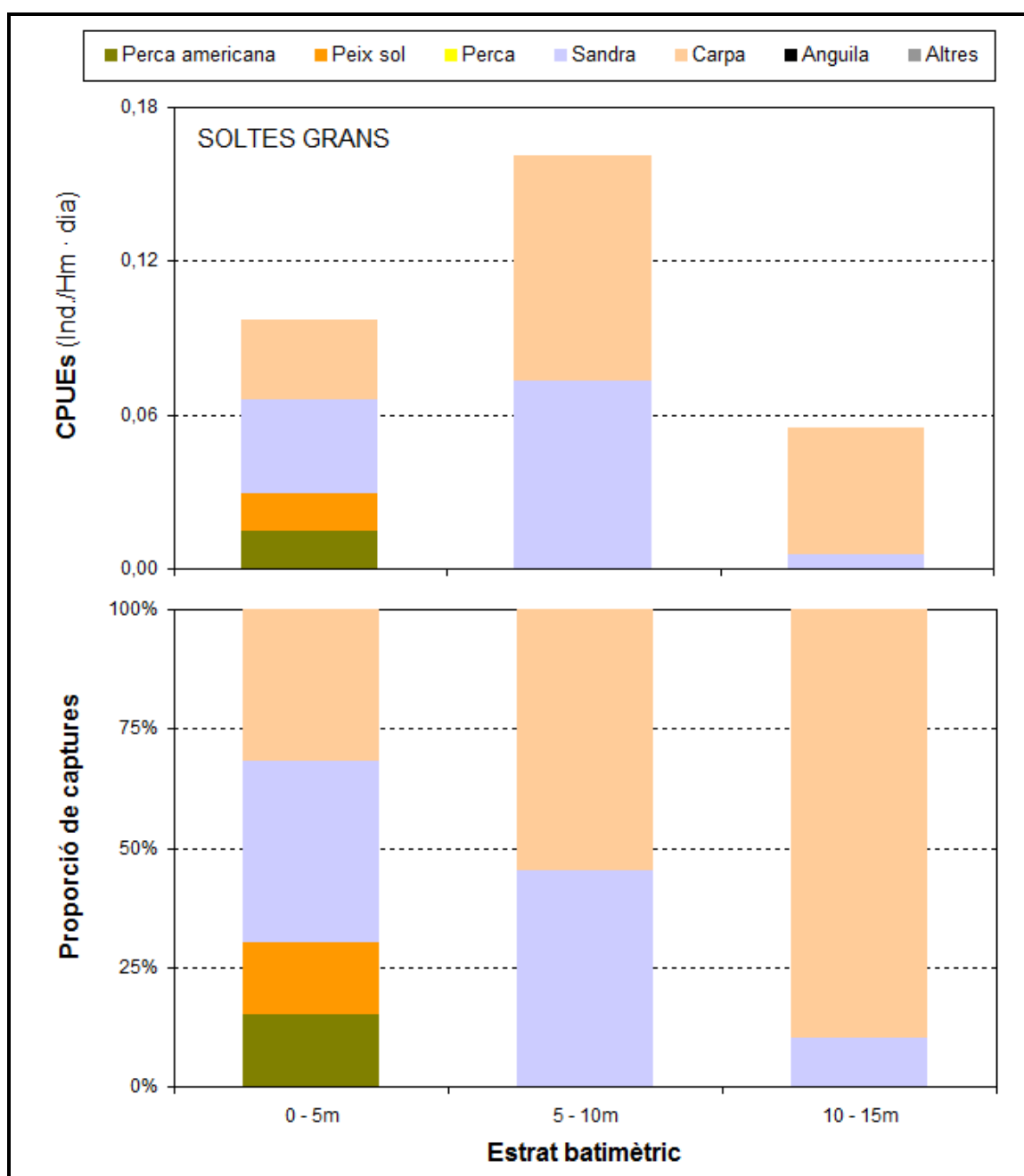


Figura 5.1.32.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (>60mm), per estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

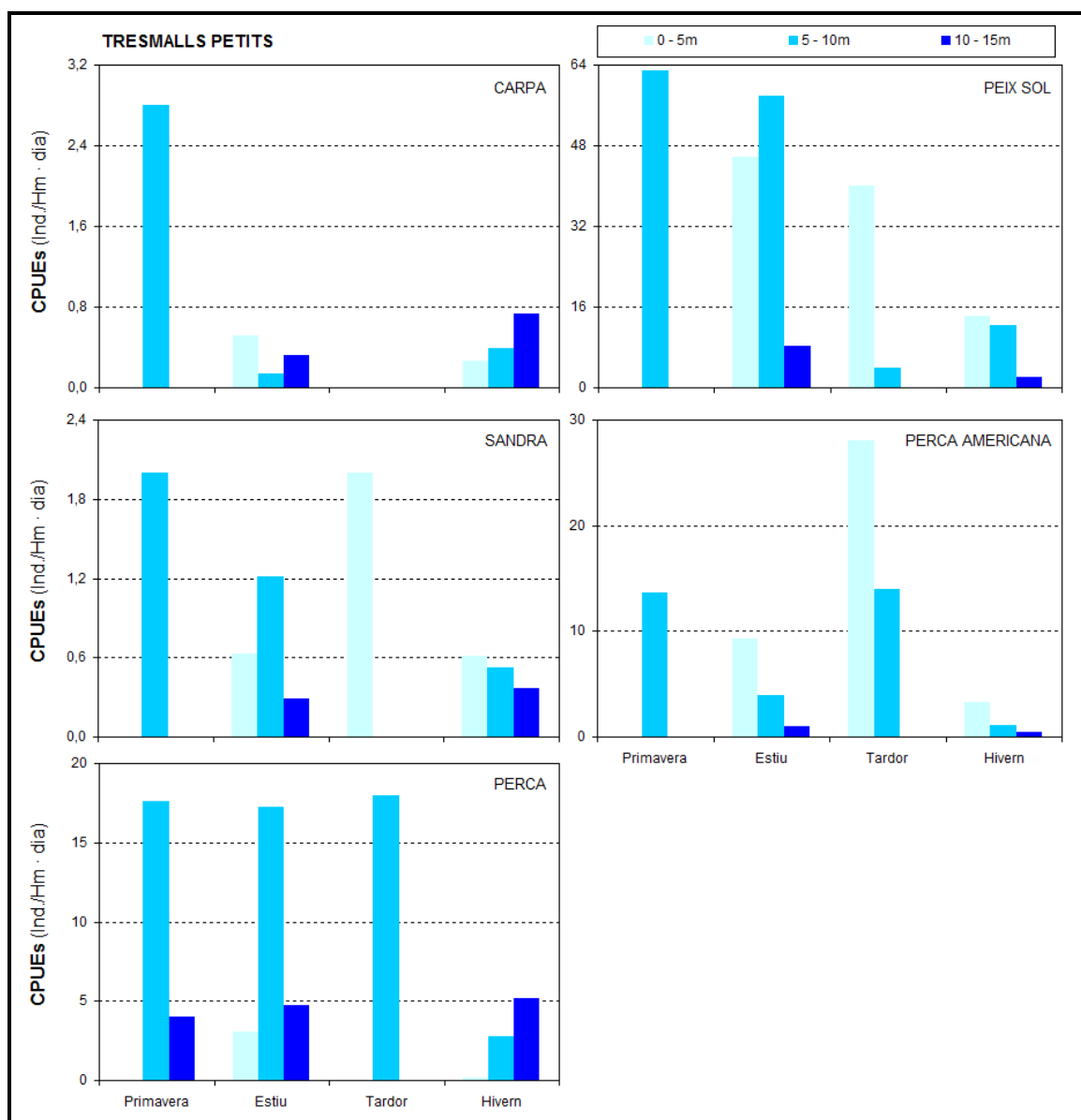


Figura 5.1.33.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna petita (20x20mm), per espècie, estació i estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

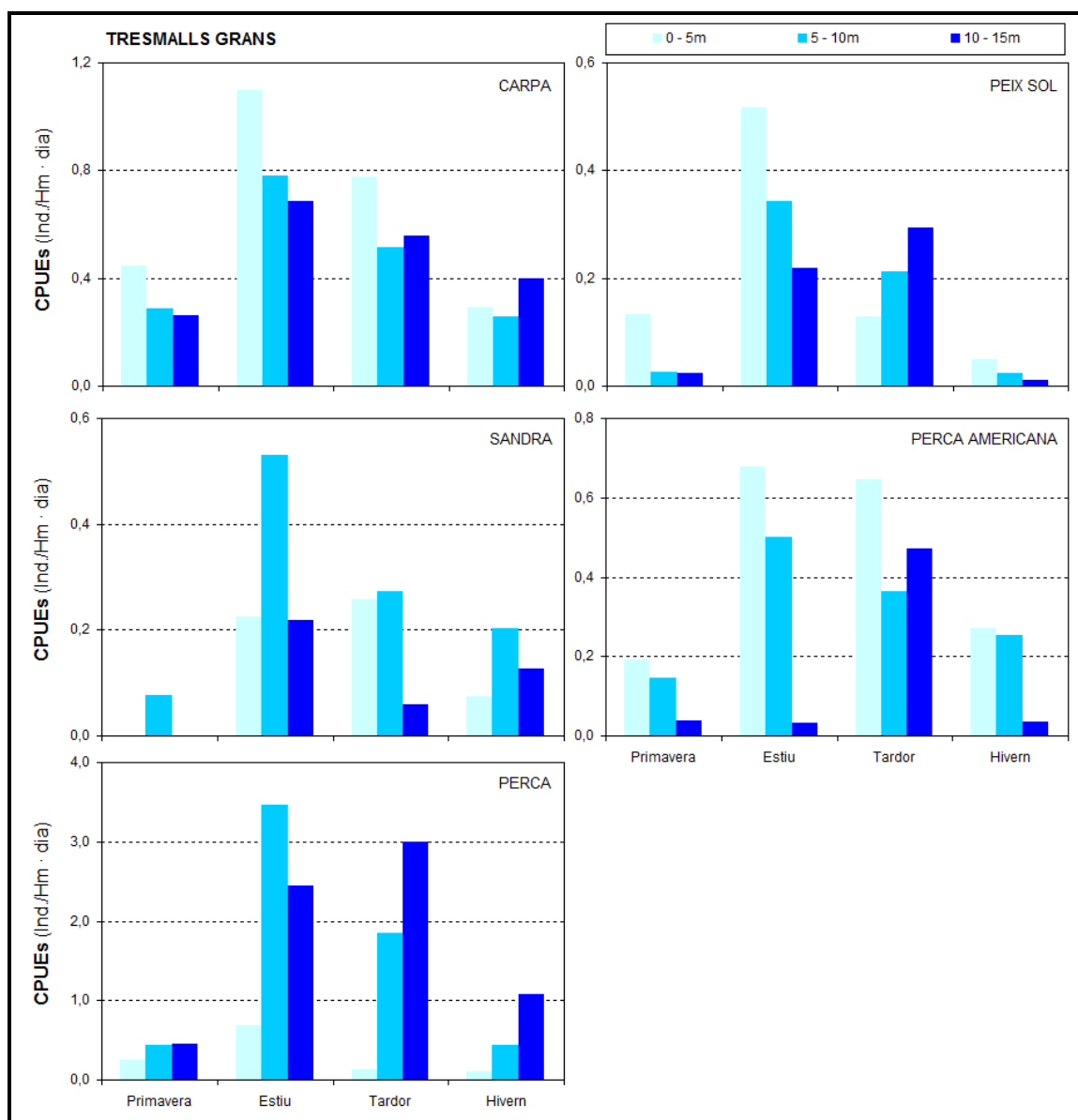


Figura 5.1.34.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb tresmalls de llum de malla interna gran (38x38mm), per espècie, estació i estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

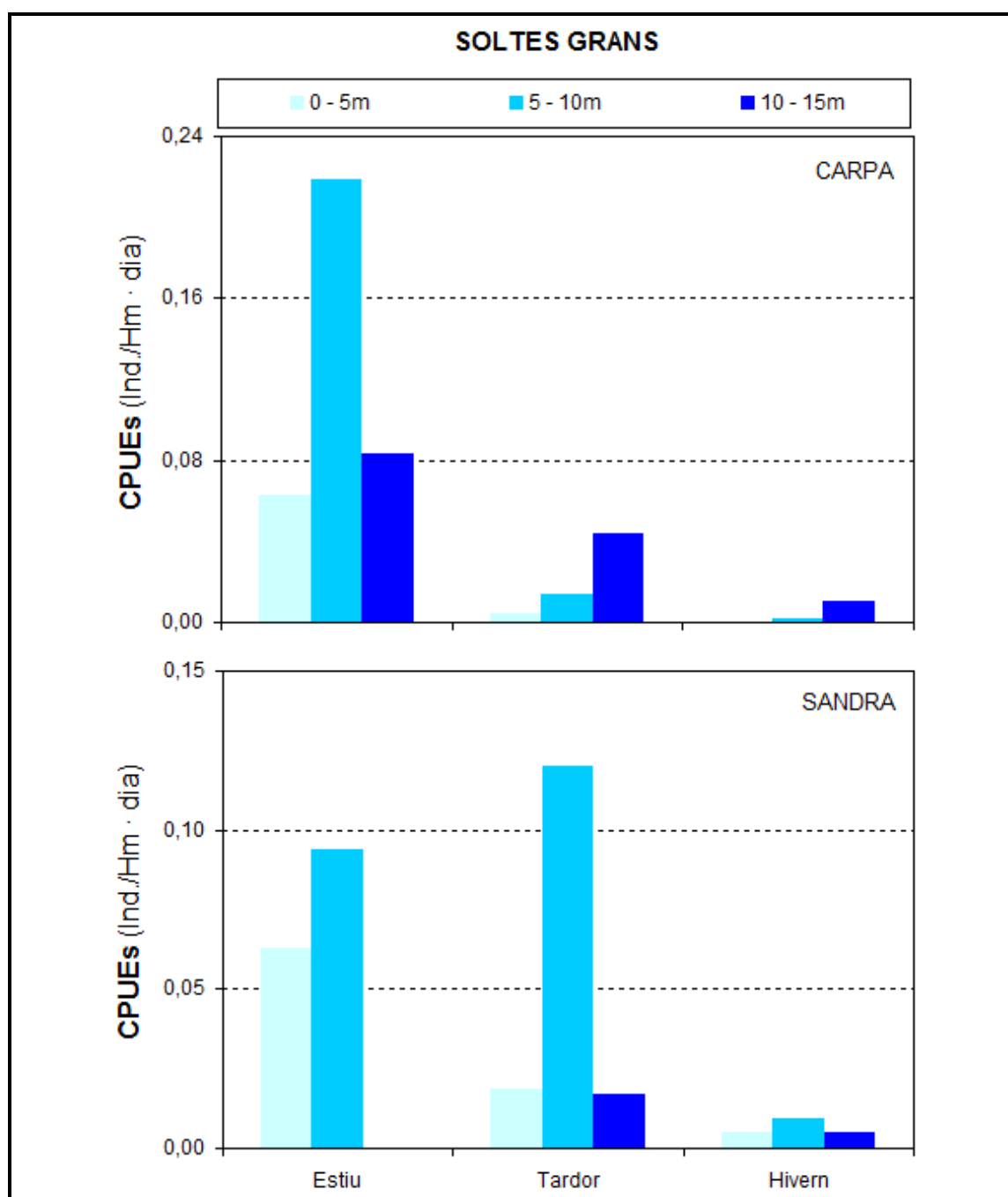


Figura 5.1.35.- Densitat relativa obtinguda a partir de les captures amb soltes de gran llum de malla (> 60mm), per espècie, estació i estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

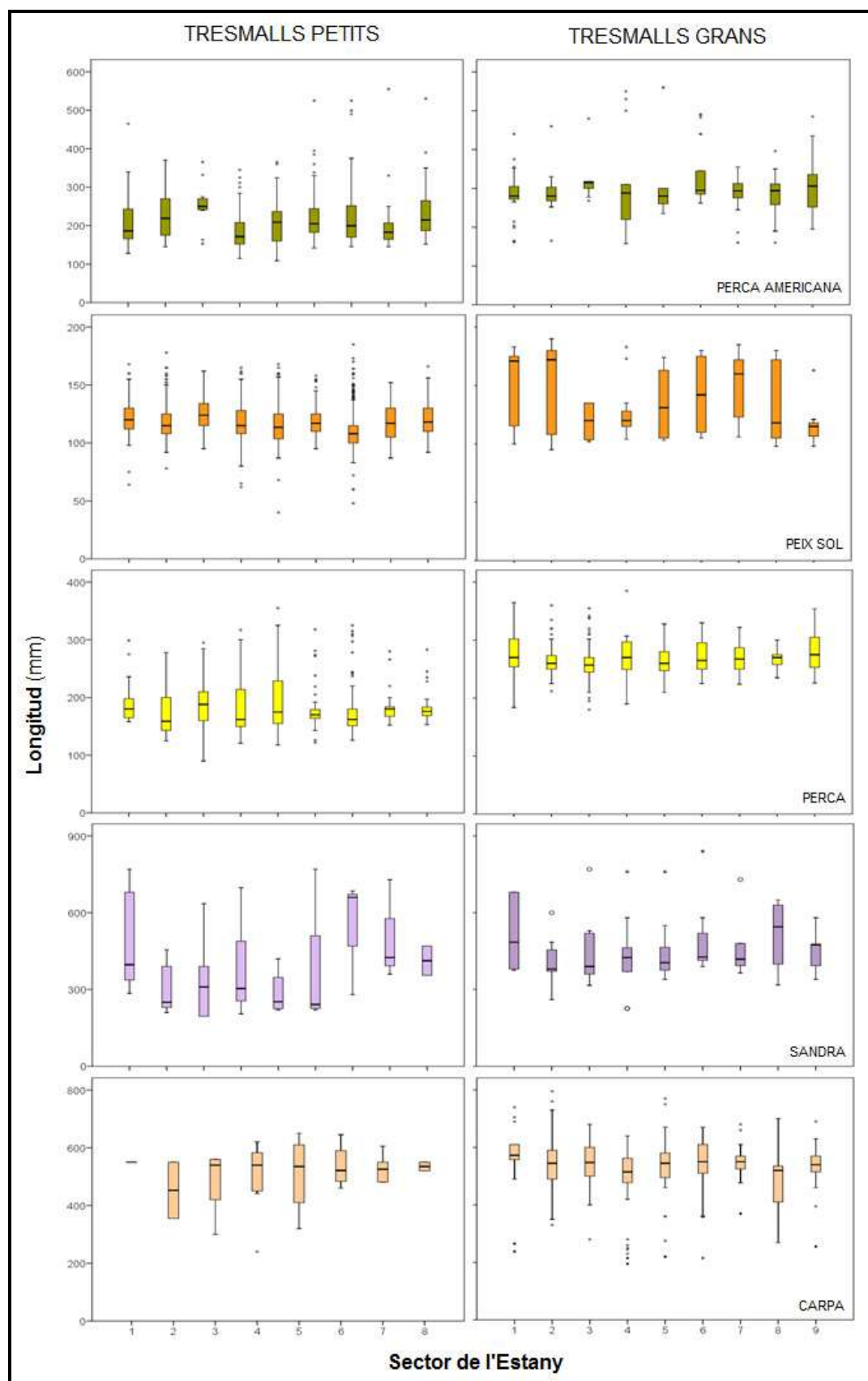


Figura 5.1.36.- Longitud mitjana de les captures amb tresmalls, per tipus de tresmall, espècie, i sector de l'Estany. Font: Consorci de l'Estany.

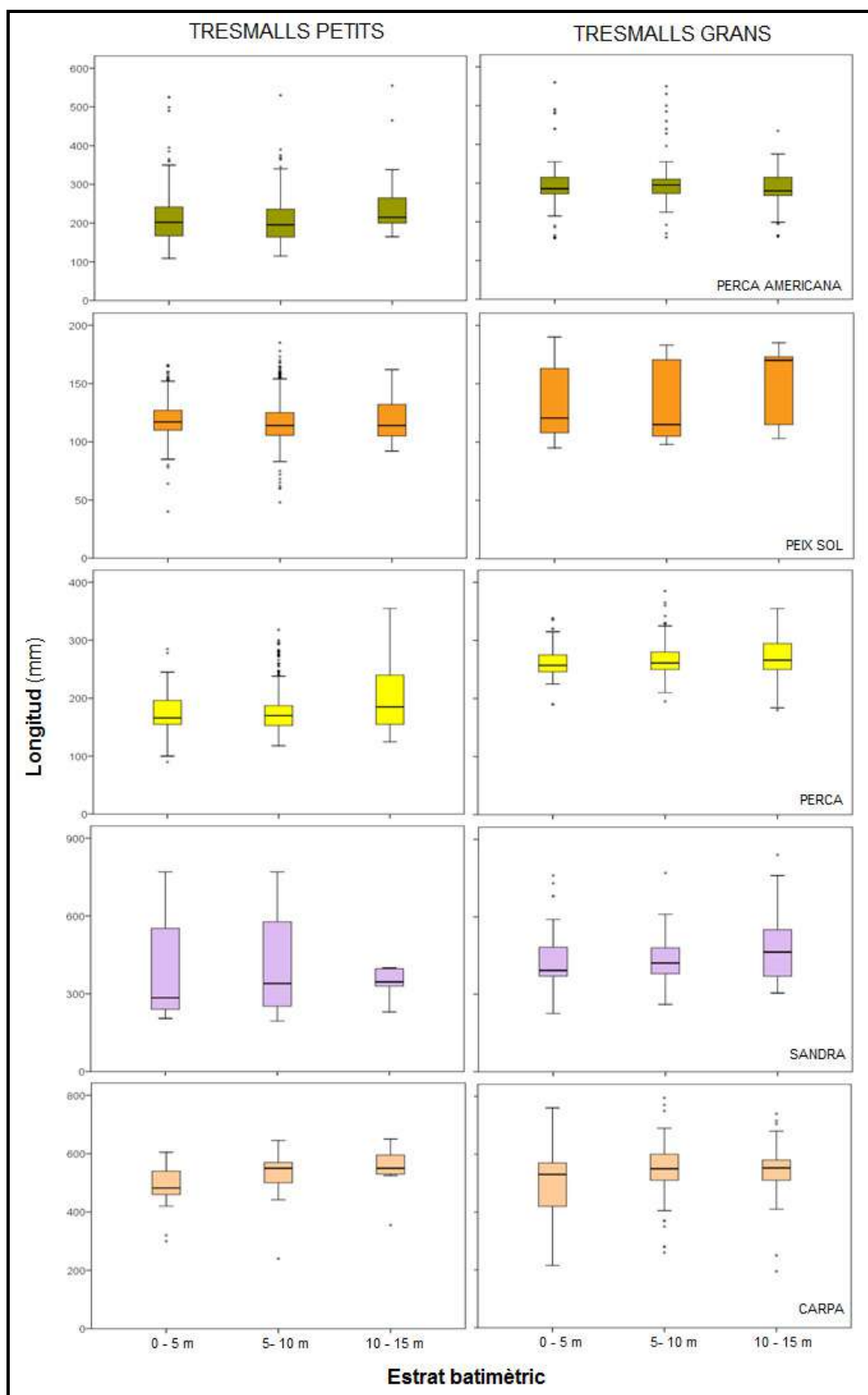


Figura 5.1.37.- Longitud mitjana de les captures amb tresmall, per tipus de tresmall, espècie, i estrat batimètric. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.- EFECTES DEL CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS

5.2.1.- ESFORÇ TOTAL

D'acord amb les previsions del protocol de control de peixos exòtics, redactat a l'inici del projecte, l'esforç total de pesca ha estat més gran durant les dues primeres temporades de pesca (Taula 5.4). A banda d'aquest fet, la repartició de l'esforç per tècnica de pesca també s'ha fet segons les previsions (Figura 5.2.1). Així, a partir de la tercera temporada, es va prescindir de l'ús de tresmalls per evitar capturar peixos autòctons, però incorporant l'ús de les grans soltes. A més, d'acord també amb allò previst, l'esforç s'ha anat reorientant anualment en funció dels resultats progressivament obtinguts amb cada tècnica. Així, per exemple, la pesca elèctrica ha anat guanyant pes relatiu respecte les altres tècniques, almenys fins a la tercera temporada.

El perfil de l'esforç acumulat de la principal tècnica de captura, la pesca elèctrica amb embarcació, recull en part les tendències de distribució de l'esforç exposades fins aquí. L'esforç acumulat ha augmentat de forma lineal i progressiva, amb poques i subtils oscil·lacions temporals, fins a finals de 2012 (Figura 5.2.2). A partir d'aquest moment, lògicament l'esforç acumulat ha seguit anant augmentant progressivament gràcies a la continuació de les campanyes de pesca, però a un ritme inferior, degut al menor esforç total aplicat.

	ESFORÇ TOTAL (Unitats: Jornals)				
	TEMPORADA DE PESCA *				
Tècnica de pesca	10-11	11-12	12-13	13-14 **	TOTAL
Pesca elèctrica	145,0	176,0	107,5	41,0	469,5
Palangres	-	-	0,8	13,4	14,2
Trampes grans	-	3,2	-	15,4	18,6
Tresmallers petits	21,6	42,0	-	-	63,6
Tresmallers grans	87,6	36,0	-	-	123,6
Soltes grans	-	-	22,3	-	22,3
TOTAL	254,2	257,2	130,6	69,8	711,8

Taula 5.4.- Esforç total de pesca de les campanyes de control, per temporada i tècnica de captura. * De juny a maig. ** Parcialment coberta. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

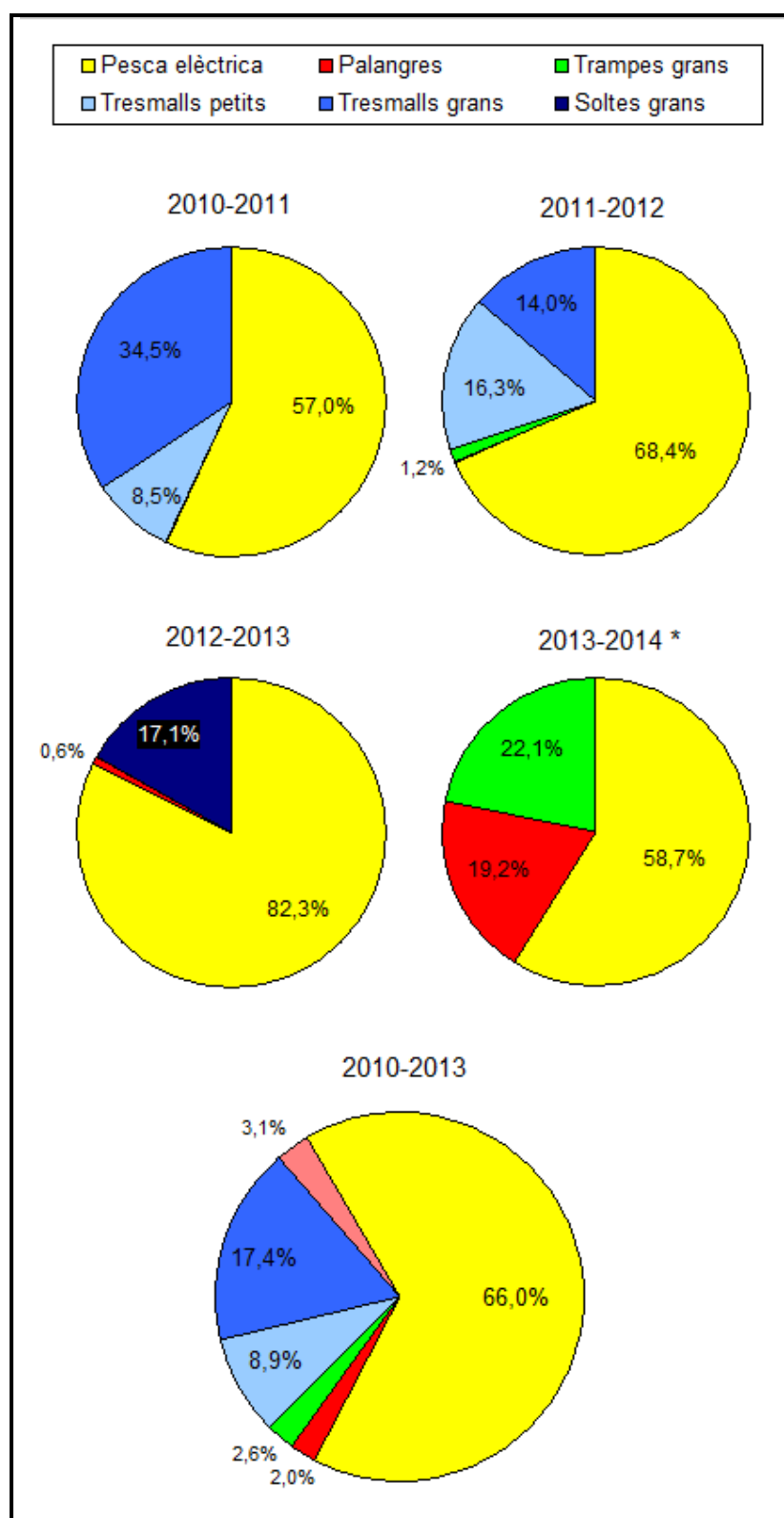


Figura 5.2.1.- Repartició de l'esforç de pesca de les campanyes de control, per temporada i tècnica de captura. * Temporada només parcialment coberta. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

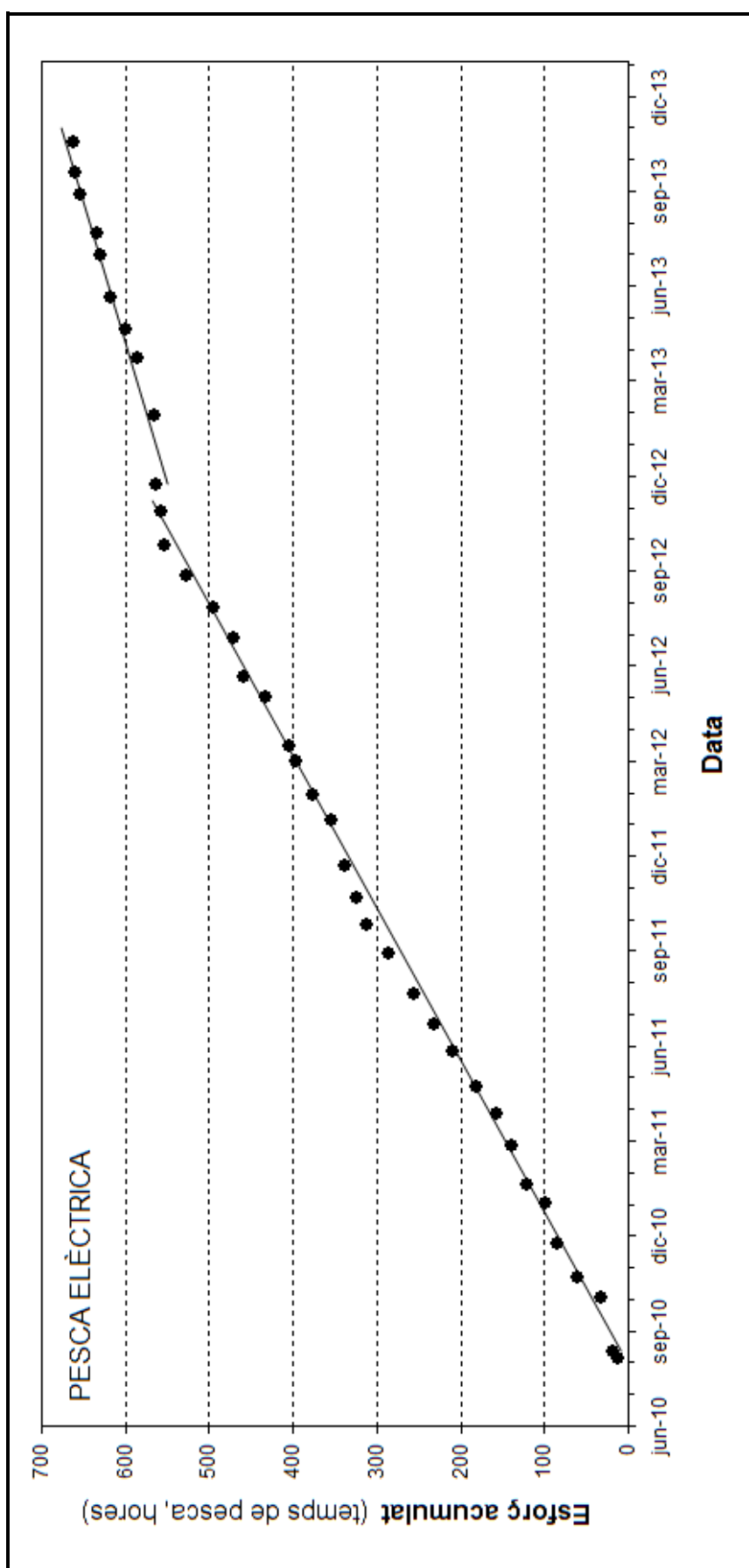


Figura 5.2.2.- Esforç acumulat de pesca elèctrica, mesurat com a temps de pesca, al llarg de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles. Les línies representen la tendència central al llarg de dos períodes diferenciats. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.2.- CAPTURES TOTALS

En total, al llarg del projecte s'han retirat de l'Estany més de 117.000 exemplars d'espècies exòtiques de peixos, corresponents a una biomassa total d'aproximadament 9,5 TM (Taules 5.5 i 5.6). La pesca elèctrica és llargament la tècnica que ha permès generar un major nombre de captures acumulades, tant en termes de nombre d'individus com de biomassa. Això s'explica tant per la major eficiència respecte la major part d'espècies, com també pel major esforç total aplicat. La segona tècnica pel que fa a la quantitat de captures el representen els dos tipus de tresmalls, grans i petits, conjuntament. Les altres tècniques han generat escasses captures totals, atès que la seva utilització ha estat experimental i per tant amb poc esforç total, o bé perquè es tracta de tècniques molt selectives i globalment ineficients.

Pel que fa a la repartició entre espècies de les captures totals, el peix sol és l'espècie més capturada, seguida per aquest ordre de la perca americana, la perca i la carpa, tot i que en termes de biomassa aquest ordre canvia notablement degut al diferent pes mitjà per exemplar d'aquestes espècies, i que aquest ordre també canvia depenent de les tècniques de captura degut a la diferent selectivitat per espècie, ja comentada més amunt (Figures 5.2.3 i 5.2.4).

Seguiment de peixos exòtics de l'Estany de Banyoles (LIFE NAT/E/000078)

	Espècie	Tècnica de captura					TOTAL
		Pesca elèctrica	Tresmall	Soltes grans	Trampes grans	Palangre	
EXÒTIQUES	Perca americana <i>Micropterus salmoides</i>	49.261	475	1	382	8	50.127
	Peix sol <i>Lepomis gibbosus</i>	61.622	2.050	1	380	0	64.053
	Perca <i>Perca fluviatilis</i>	308	1.043	0	2	4	1.357
	Sandra <i>Sanderluciperca</i>	8	140	18	47	31	244
	Carpa <i>Cyprinus carpio</i>	392	358	18	21	0	789
	Carpi daurat <i>Carassius auratus</i>	6	4	0	0	0	10
	Carpi <i>Carassius carassius</i>	1	1	0	0	0	2
	Gardí <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	1	9	0	0	0	10
	Barb de l'Ebre <i>Luciobarbus graellsii</i>	4	3	0	0	0	7
	Tenca <i>Tinca tinca</i>	0	2	0	0	0	2
	Llopet de riu italià <i>Cobitis bilineata</i>	1	0	0	0	0	1
AUTÒCTONES	Anguila <i>Anguilla anguilla</i>	356	37	0	1	4	398
	Bagra <i>Squalius laietanus</i>	42	1	0	29	0	72
	Barb de muntanya <i>Barbus meridionalis</i>	25	0	0	0	0	25
	Bavosa de riu <i>Salaria fluviatilis</i>	273	0	0	0	0	273
	Llissa calua <i>Liza ramada</i>	0	2	0	0	0	2
TOTAL		112.300	4.125	38	862	47	117.372
Llegenda - Rang d'abundància des les captures (Ind.): >10⁴ 10³ - 10⁴ 10² - 10³ 10¹ - 10² 10⁰ - 10¹ 0							

Taula 5.5.- Captures totals (Individus) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles (2010-2013), per espècie i tècnica de pesca. Font: Consorci de l'Estany.

		Tècnica de captura					TOTAL
Espècie		Pesca elèctrica	Tresmall	Soltes grans	Trampes grans	Palangre	
EXÒTIQUES	Perca americana <i>Micropterus salmoides</i>	4.084,9	153,0	0,5	70,6	4,2	4.313,1
	Peix sol <i>Lepomis gibbosus</i>	1.880,0	72,6	0,04	19,0	0,0	1.971,6
	Perca <i>Perca fluviatilis</i>	6,1	242,3	0,0	0,5	1,9	250,8
	Sandra <i>Sander lucioperca</i>	5,3	136,9	26,4	42,3	111,6	322,4
	Carpa <i>Cyprinus carpio</i>	1.195,7	972,8	73,4	5,3	0,0	2.247,2
	Carpí daurat <i>Carassius auratus</i>	8,5	30,3	0,0	0,0	0,0	38,8
	Carpí <i>Carassius carassius</i>	1,8	1,1	0,0	0,0	0,0	2,9
	Gardí <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,2	7,7	0,0	0,0	0,0	7,9
	Barb de l'Ebre <i>Luciobarbus graellsii</i>	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	5,2
	Tenca <i>Tinca tinca</i>	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	3,1
	Llopet de riu italià <i>Cobitis bilineata</i>	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,01
AUTÒCTONES	Anguila <i>Anguilla anguilla</i>	325,9	33,9	0,0	0,6	2,6	362,9
	Bagra <i>Squalius laietanus</i>	0,8	0,0	0,0	15,9	0,0	16,8
	Barb de muntanya <i>Barbus meridionalis</i>	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1
	Bavosa de riu <i>Salvia fluviatilis</i>	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
	Llissa calua <i>Liza ramada</i>	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	2,9
TOTAL		7.514,7	1.662	100,3	154,3	120,3	9.551,3
Llegenda - Rang d'abundància de la biomassa total capturada (Kg): >10³ 10² - 10³ 10¹ - 10² 10⁰ - 10¹ <10⁰ 0							

Taula 5.6.- Captura en biomassa total (Kg) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles (2010-2013), per espècie i tècnica de pesca. Font: Consorci de l'Estany.

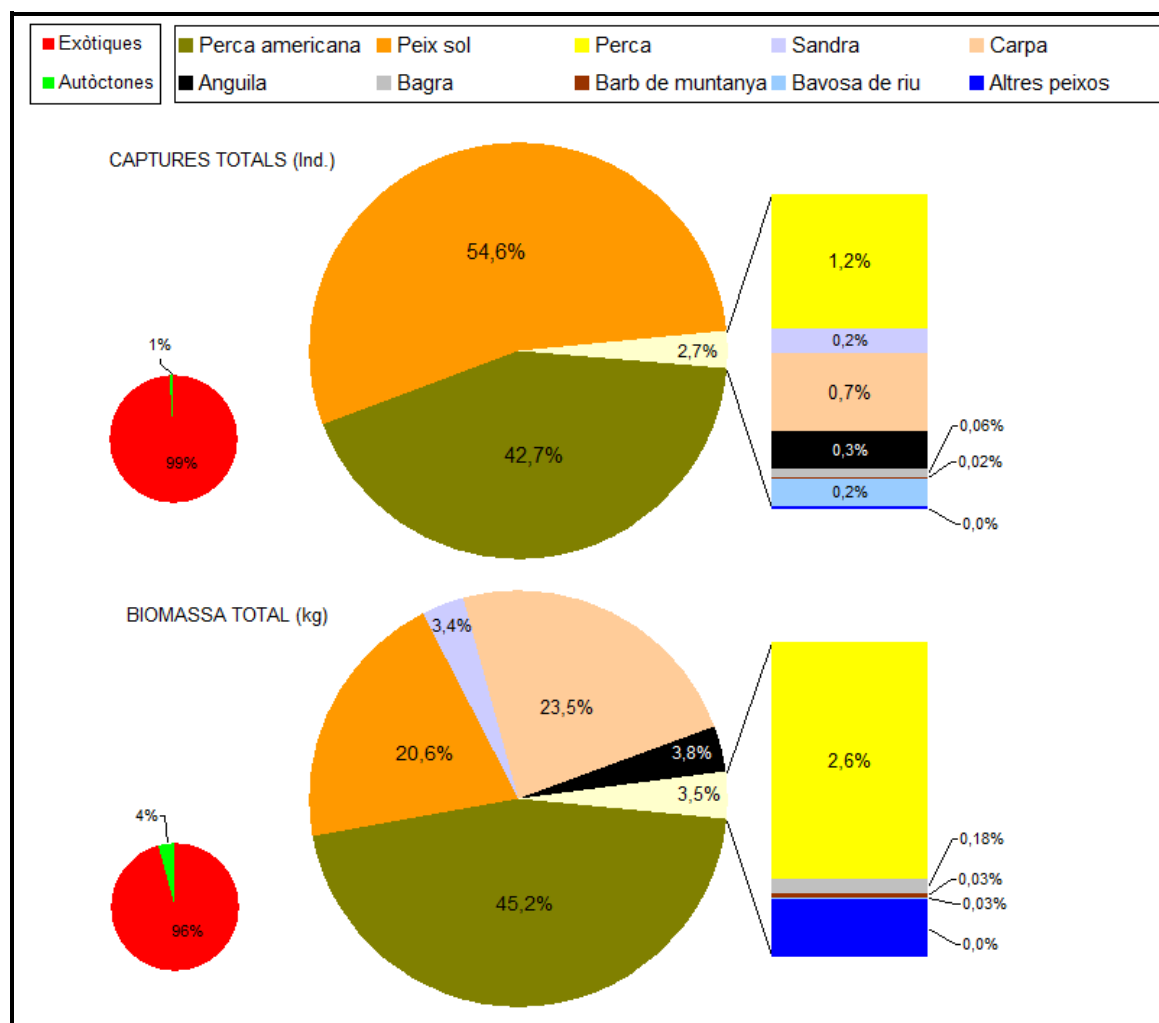


Figura 5.2.3.- Proporció per espècie de les captures totals de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles fetes entre 2010 i 2013. Font: Consorci de l'Estany.

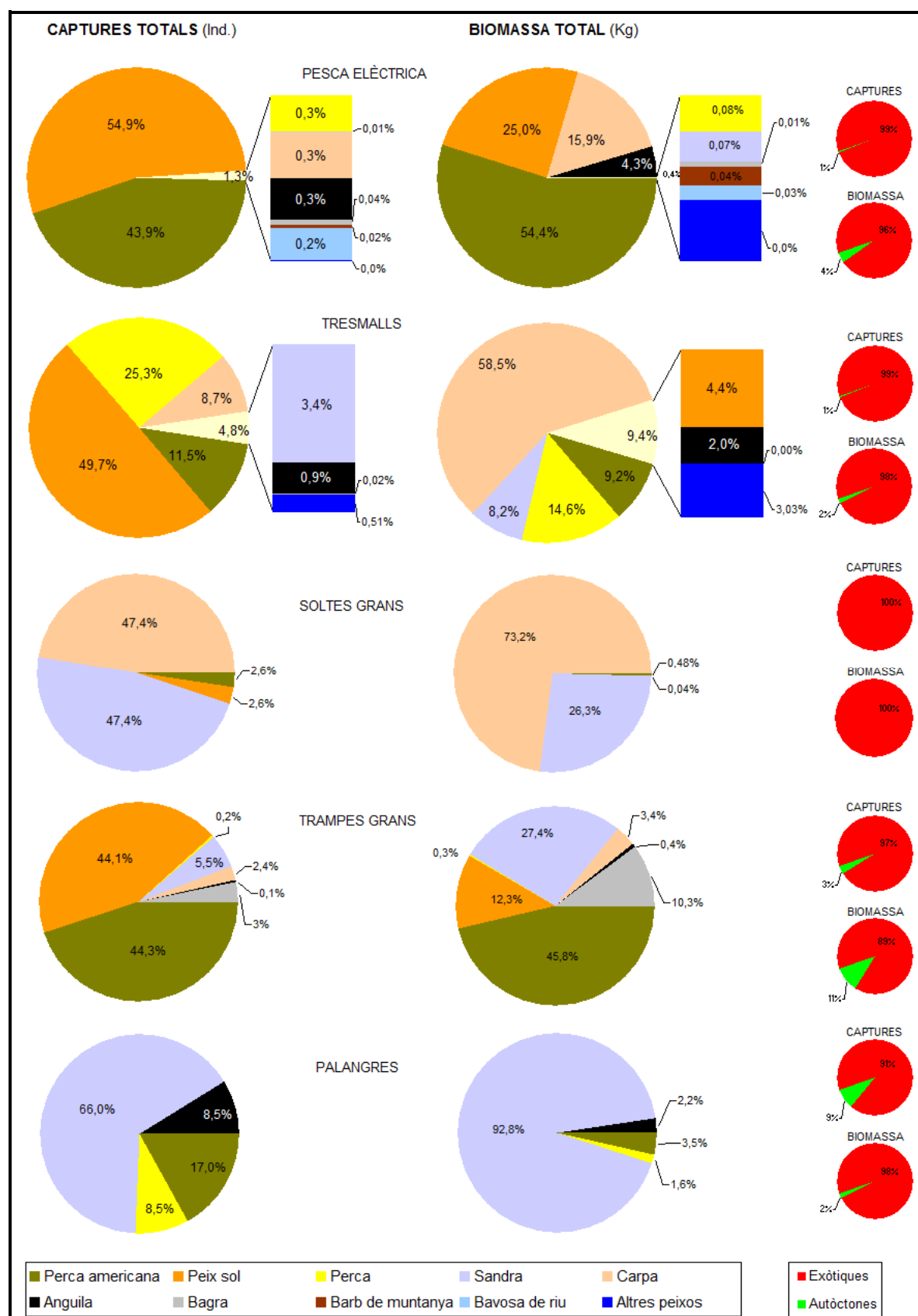


Figura 5.2.4.- Proporció per espècie de les captures totals de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles fetes entre 2010 i 2013, per tècnica de captura. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.3.- PERCA AMERICANA

Durant la planificació i execució de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estany de Banyoles, s'ha fixat l'atenció sobretot en la perca americana, tant pel fet que és una de les dues espècies exòtiques més abundants a l'Estany, com pel seu efecte regulador "top-down" sobre la cadena tròfica vinculat al seu caràcter de gran depredador. En conseqüència, en l'anàlisi dels efectes del control de peixos exòtics, s'ha posat el focus en l'evolució de la seva estructura poblacional, per sobre a altres espècies, mitjançant l'aplicació de diverses anàlisis complementaris.

Aproximació inicial a les estructures de mides

Les estructures de mides globals per temporada de la perca americana a l'Estany ja aporten les primeres pistes del que s'ha aconseguit (Figura 5.2.5), malgrat que cal tenir en compte que aquestes estructures no són plenament comparables entre si degut a què provenen de diferents distribucions estacionals de l'esforç. Bàsicament, el que s'observa és una clara disminució relativa dels exemplars de mida mitjana i gran a partir de la segona temporada respecte la situació inicial. Amb tot, durant la darrera temporada sembla que s'observa una certa recuperació de l'estructura inicial, sobretot ple que fa a la presència relativa d'exemplars de mida mitjana (10-20cm).

Anàlisi de sèries temporals d'estructures de mides (captures mensuals)

Una anàlisi en detall de les estructures de mides de les captures globals, separant per mesos (Figura 5.2.6), permet descriure en detall i per separat l'evolució temporal precisa de les cohorts corresponents als grups d'edat més baixos (0+ a 4+), tant pel que fa al seu creixement com a la seva densitat relativa.

S'observa com la població de perca americana sembla haver respost al control demogràfic augmentant la taxa de creixement dels més joves. Així, al llarg del projecte, la longitud mitjana de les cohorts més joves ha augmentat, situació força visible a les "verticals" de les edats 1,0 i 1,5 anys (Figura 5.2.7). De la mateixa manera, la dispersió de casos al voltant d'aquestes mitjanes, és a dir les amplituds de les seves respectives components modals, també sembla haver augmentat al llarg del projecte, almenys per a les edats més baixes (<2 anys) (Figura 5.2.8). Cal prendre aquests resultats observats amb certa precaució, atès que la sèrie

temporal disponible és curta, i que poden amagar algun tipus de variació deguda a altres factors no controlats, per exemple de tipus ambiental. També sembla observar-se una cert augment progressiu de la densitat relativa dels exemplars joves (<2 anys) (Figura 5.2.9), amb un possible rejuveniment general de la població (Figura 5.2.10), en part també degut al fet que sembla entreveure's ja una disminució progressiva dels més grans (Figura 5.2.11).

Tot plegat, en tot cas, és coherent amb la hipòtesi que una eventual reducció dels exemplars més grans d'aquesta i altres espècies depredadores, fruit del control demogràfic, hagi propiciat un major creixement i supervivència dels reclutes, joves i subadults de perca americana.

Anàlisi de sèries temporals d'estructures de mides (captures hivernals)

Gràcies al fet que el creixement de la perca americana, i de la major part de peixos de l'Estany, s'atura completament durant un període no inferior a 3 mesos durant cada hivern, l'anàlisi de mostres hivernals resulta més robust, ja que es poden agrupar les captures de diversos mesos obtenint mostres més grans i representatives de la dinàmica poblacional global de la població, minimitzant així el risc de biaix degut a un mer factor estocàstic en l'anàlisi del canvi de les estructures de mides.

Les captures hivernals de perca americana presenten perfils molt diferenciats entre les 4 temporades compreses dins el Projecte Estany (Figura 5.2.12). D'entrada, novament destaca el fet que la densitat relativa dels peixos de mida mitjana (10-20cm, aprox.) va disminuir molt durant la segona i tercera temporada, però sembla haver-se recuperat a finals de projecte (Figures 5.2.12 i 5.2.13). Per contra, els més petits haurien tingut una evolució inversa, amb un augment gradual molt clar fins arribar a una màxim durant el tercer hivern, per després tornar a disminuir lleugerament el darrer hivern, sense arribar als mínims de l'inici del projecte. La densitat relativa dels més grans que s'han pogut discriminar en aquesta anàlisi (4+), en canvi, s'ha reduït molt a partir del segon hivern i mantingut molt baixa durant tot el projecte (Figura 5.1.14); aquest resultat és molt consistent amb allò esperat durant la planificació de les campanyes de control.

Anàlisi simplificat de tendències temporals de l'estructura de mides

Una forma més simple de descriure quina ha estat l'evolució al llarg del projecte de l'estructura poblacional de la perca americana a l'Estany de Banyoles, és una simple anàlisi de la tendència central de la densitat relativa, separant per grans grups de mida (Figura 5.2.15). Els resultats, consistents i encara més clars que allò exposat fins ara, mostren com els peixos més petits (<10cm) han augmentat considerablement al llarg del projecte, amb un augment d'un 20%, aproximadament, del valor absolut de densitat relativa. Pels peixos mitjans (10-20cm), tot i que s'observa un perfil còncav, la tendència temporal al llarg del projecte és aproximadament plana, és a dir sense variacions significatives en la densitat relativa. Pels exemplars més grans, en canvi, s'observa una disminució gradual de tots els grups de talla, en general més acusada com més grans són: 70-80% de reducció dels grans (20-40cm), i reducció superior al 100% dels molt grans (>40cm).

Perfils de supervivència

Mitjançant els paràmetres de les corbes de creixement, estimats en el marc d'estudis previs per a aquesta població de Banyoles, i per tant molt fiables, és possible transformar les classes de mida en classes d'edat, i a partir d'aquí obtenir perfils de supervivència a partir de mostres úniques. Això s'ha fet sobre les mostres hivernals integrades pel conjunt de captures de novembre a març de cada temporada de pesca. Sobre aquest perfils s'han ajustat models diversos de supervivència mitjançant regressió lineal o no lineal, depenent del tipus de model (Taula 5.7).

D'entrada, allò més destacable és el fet que per a tots els ajustaments i tots els models, s'observa un augment gradual al llarg del projecte de la taxa de mortalitat (Z). Així, en l'aplicació a les mostres senceres (amb tot l'espectre d'edats, 0-12 anys) del model clàssic en dinàmica de poblacions de peixos, amb mortalitat constant (Figura 5.2.16), ja s'observa un increment en el pendent de la recta ajustada, és a dir de la inclinació del perfil de supervivència, i per tant de la mortalitat, fet que també va aparellat amb una progressivament major densitat relativa de joves i una menor densitat relativa d'adults de mida mitjana i sobretot gran.

Tanmateix, en un estudi anterior sobre la perca americana a l'Estany ja s'havia comprovat que el supòsit de mortalitat constant al llarg de la vida no és compleix

en aquesta població. De fet, s'observa sempre un perfil còncav de les corbes de supervivència, és a dir una disminució ontogènica de la mortalitat i en conseqüència un augment de la supervivència. Degut a això, sempre resulta estadísticament millor l'ajustament d'un model que incorpori aquesta variació de la taxa de mortalitat (Figura 5.2.17). En aquest cas, s'ha aplicat un model simple de mortalitat variable (decreixent) amb una "desacceleració" fixa (λ_z). El resultat de l'ajustament per separat d'aquest model a cada mostra hivernal de les quatre temporades consecutives de pesca, també indica un augment progressiu de la taxa de mortalitat, que en aquest cas s'ha d'interpretar com la taxa inicial de mortalitat, però encara més, també un augment del paràmetre λ_z que descriu el patró de variació d'aquesta taxa. Concretament, però, aquest augment es dona només durant la primera part del projecte; és a dir, sembla clar que fruit del control demogràfic el que s'ha aconseguit és donar una "acceleració" extra fixa a la mortalitat, probablement directament relacionada amb l'esforç de pesca, però que en tot cas a efectes pràctics el que comporta és un augment gradual de la mortalitat global de la població, any a any.

L'aplicació del model de supervivència constant a tan sols una fracció de les mostres, concretament a les dades d'abundància relativa de 0 a 4 anys d'edat (Figura 5.2.18), és una altra aproximació possible a l'evolució de la demografia de l'espècie, que tenint en compte que és en aquesta franja d'edat on es donen el gruix de les captures (>97%), resulta pertinent de dur a terme. Novament, els resultats indiquen un augment progressiu de la mortalitat, malgrat el també augment progressiu de l'abundància relativa de joves.

En definitiva, caldrà veure com evolucionen aquestes tendències en el futur, en relació a la continuïtat que es doni a les campanyes de control de peixos exòtics. En tot cas, allò més interessant és que no s'ha observat una estabilització de la mortalitat, com potser es podia suposar *a priori*, sinó el seu creixement continuat al llarg dels 4 anys de projecte, malgrat que l'esforç total de pesca ha disminuït a partir del segon any. Per altra banda, tot indica que l'anàlisi d'aquestes sèries sembla una molt bona eina per a la monitorització dels efectes del control demogràfic d'aquesta espècie a Banyoles.

Longitud mitjana

En consonància amb els resultats exposats fins ara, també eren d'esperar canvis en les variables descriptors de la longitud. Efectivament, malgrat les oscil·lacions en

bona mesura dependents de la dinàmica estacional del creixement dels joves de l'any, s'observa una clara tendència central de disminució de la longitud mitjana al llarg del projecte, que ha disminuït fins a un 15% (Figura 5.2.19).

Encara més evidents han estat els canvis en altres descriptors de la longitud. La longitud màxima mostra també una clara tendència de disminució, passant de valors centrals inicials propers als 50cm a valors centrals finals de 37cm (reducció del 26%). L'amplitud de longituds observades, és a dir el rang total de longituds (diferència entre longitud màxima i mínima), també ha disminuït molt, almenys un 29%. En canvi, el coeficient de variació de la longitud pràcticament no ha variat, ja que aquest descriptor està fortament influït pel fet que el gruix dels exemplars sempre es situen a la banda baixa de l'espectre de longitud (5-25cm; edats: 0+, 1+ i 2+).

Condició

Un altre aspecte en el que calia esperar que es produïssin canvis fruit de la intervenció directa sobre la població era el de la condició individual, entesa com la relació entre el pes i la longitud, o dit d'altra manera, el pes mitjà un cop eliminat l'efecte de la longitud o mida de cada peix.

La condició s'ha analitzat mitjançant una anàlisi MLG del pes en el què s'ha introduït sempre la longitud com a covariable (Taula 5.8). Més enllà de l'efecte d'aquesta covariable, en aquesta anàlisi es tracta d'identificar i quantificar l'efecte d'altres factors. En el cas de la perca americana, la variació de la condició és deguda principalment a dues fonts: 1ª, l'efecte combinat de la longitud i el grup de mida, i 2ª, l'efecte combinat del mes de l'any, l'any i el grup de mida. En el primer cas, cal interpretar-ho com una variació ontogènica de la condició, que de fet ja s'havia descrit per aquesta població en un estudi anterior; és a dir, la relació longitud-pes varia amb l'edat, i per tant amb la longitud, o el que és el mateix, la relació global entre les variables longitud i pes individuals (transformades logarítmicament) es descriu millor amb un model curvilini que no pas amb un model rectilini. En tot cas, aquesta font de variació, tot i ser la principal, és inherent a la biologia de l'espècie i a les característiques d'aquesta població, i per tant no cal aprofundir-hi aquí.

La segona font de variació de la condició té relació sobretot amb l'efecte de l'estacionalitat, i en menor mesura de l'annualitat, però sempre depenent del grup de mida, ja que responen diferentment. En els peixos petits (0-10cm) la condició és màxima a finals de primavera i mínima a finals d'estiu (Figura 5.2.20-A). Aquest

patró va canviant amb la longitud, avançant-se progressivament en el calendari aquests màxims i mínims. En el cas dels peixos més grans (30-60cm) s'observa fins i tot un patró bimodal de la variació estacional de la condició, amb màxims a finals d'hivern i a finals d'estiu. Aquests patrons estacionals semblen estar relacionats sobretot amb el cicle fenològic de la reproducció d'aquesta espècie, que presenta també canvis al llarg de l'eix edat.

Pel que fa a la variació interanual de la condició (Figures 5.2.20-B i 5.2.20-C), que de fet és la que té més interès en el context d'aquest projecte, ja que pot respondre al control demogràfic sostingut, s'observen pocs canvis: una lleugera disminució de la condició dels peixos petits, i un cert augment de la condició dels exemplars grans, mentre que no sembla haver-hi tendència de canvi en la condició dels mitjans i dels molt grans. Malgrat que aquestes tendències són suaus i poc marcades, en tot cas són consistents amb allò observat respecte la variació de la densitat relativa. Així, pels exemplars més petits (0-10cm) la densitat relativa ha anat augmentant i en conseqüència la condició individual ha disminuït. En el cas dels exemplars molt grans, s'hauria produït la situació exactament inversa.

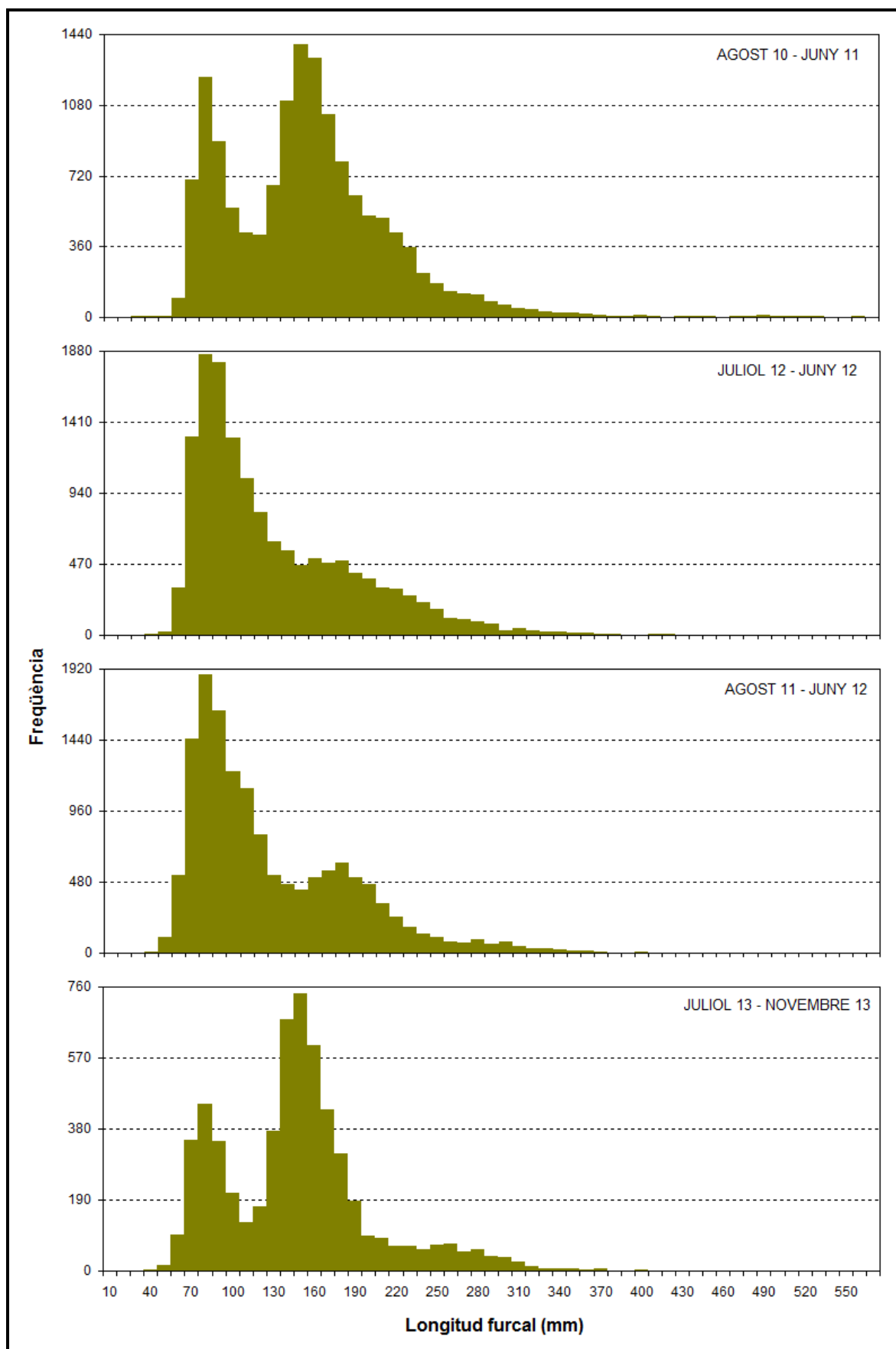


Figura 5.2.5.- Estructures de mides de les captures generals de perca americana durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles, per anualitat. Font: Consorci de l'Estany.

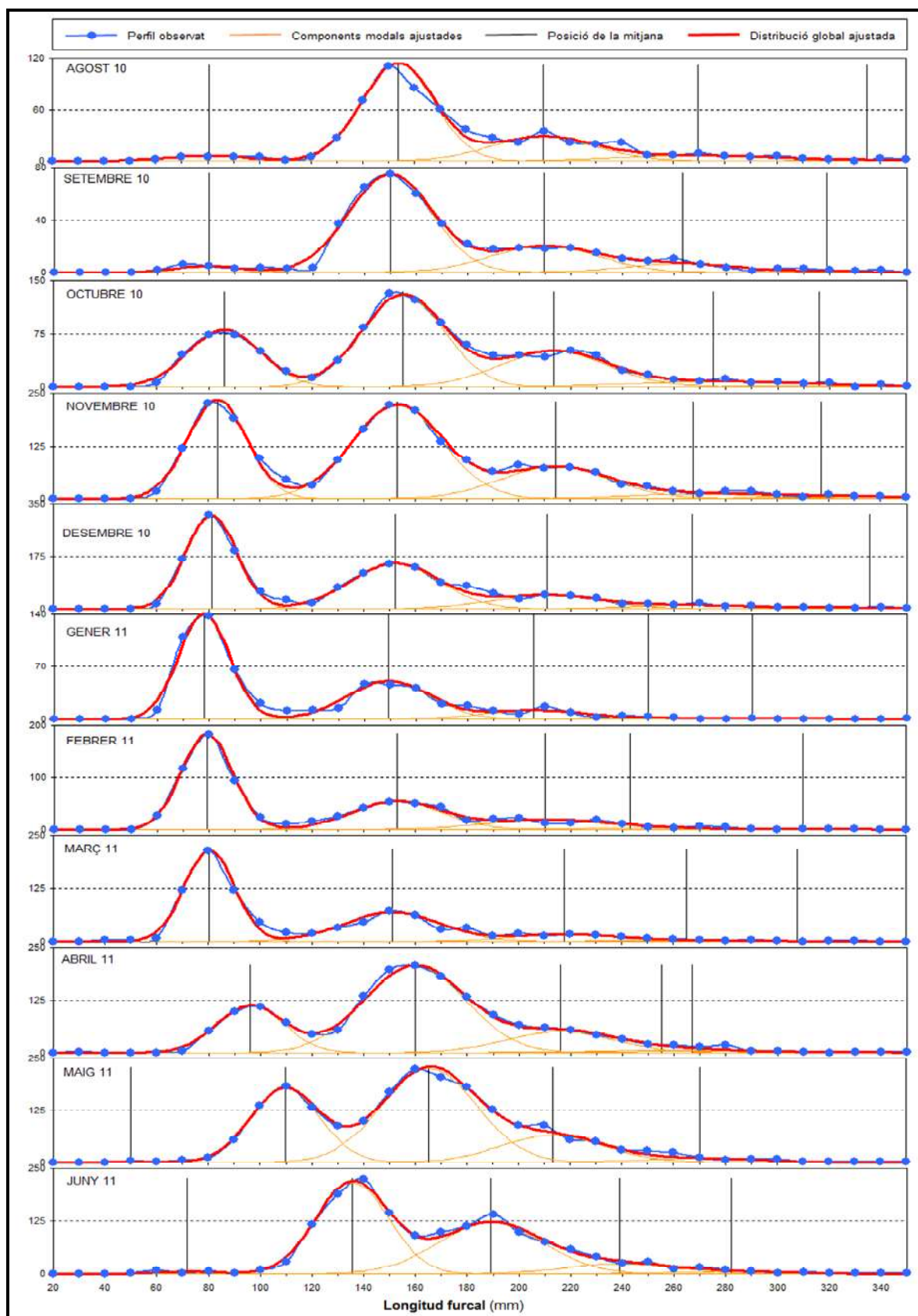


Figura 5.2.6-A.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual, i ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm). Font: Consorci de l'Estany.

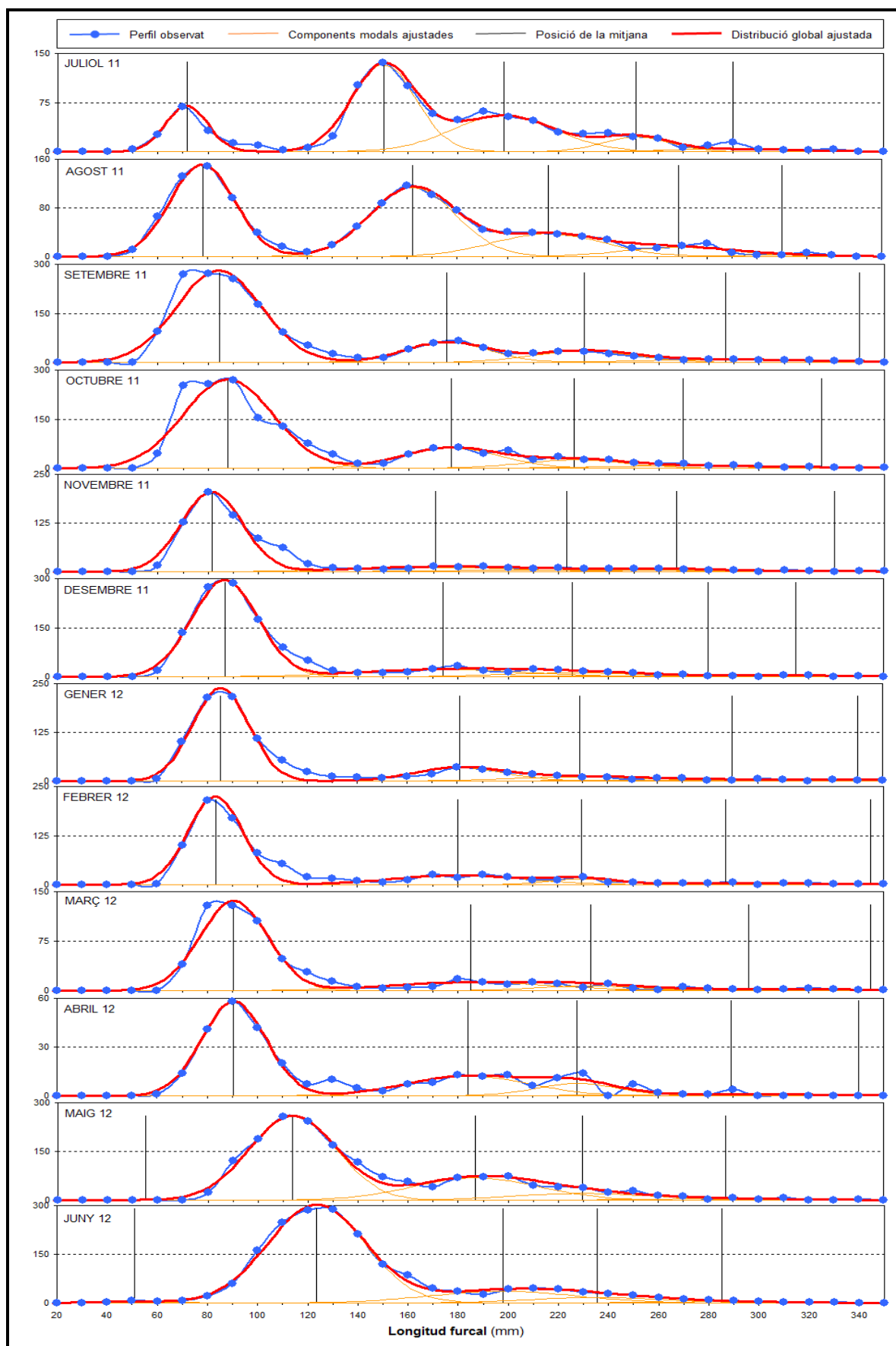


Figura 5.2.6-B.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual, i ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm). Font: Consorci de l'Estany.

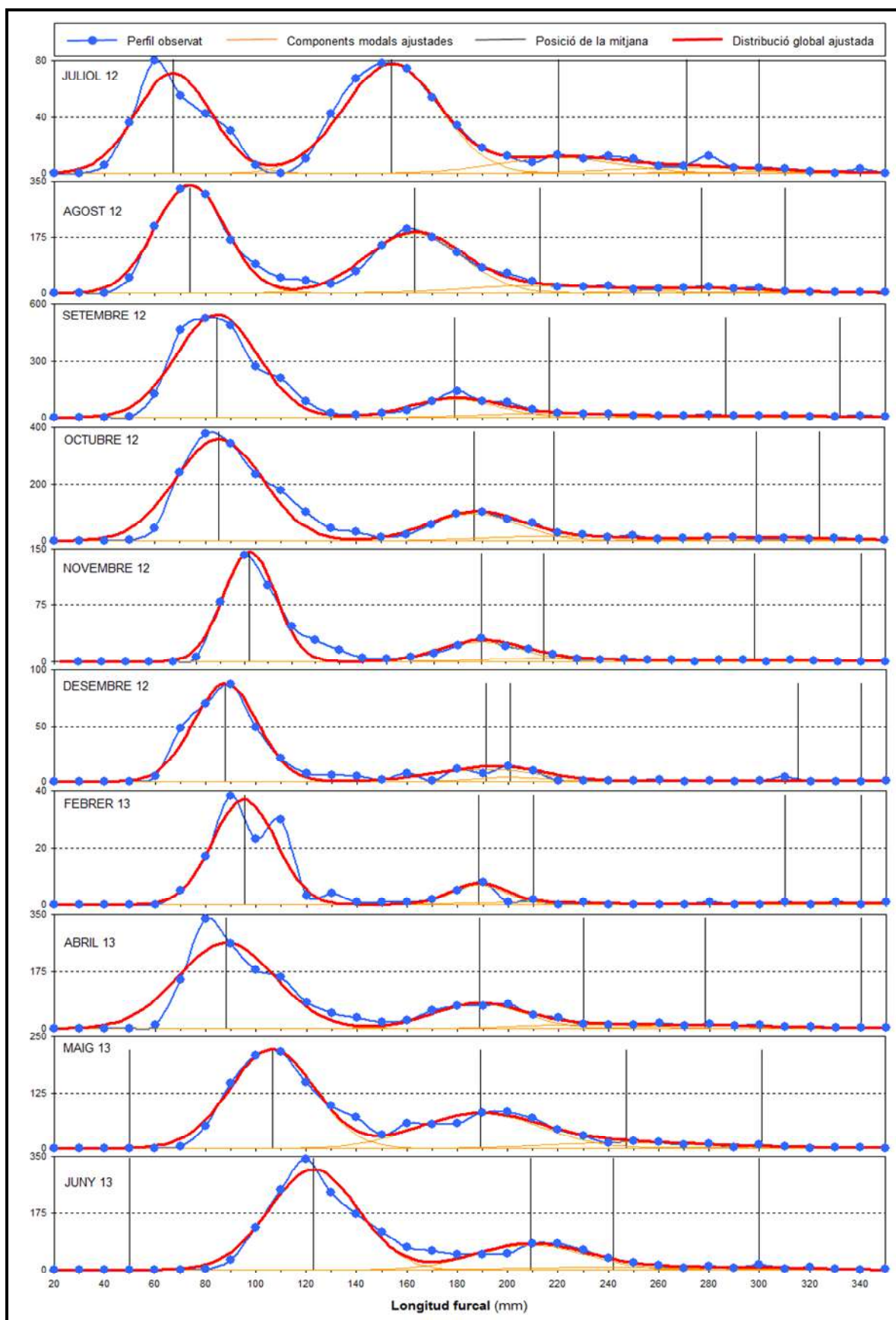


Figura 5.2.6-C.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual, i ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm). Font: Consorci de l'Estany.

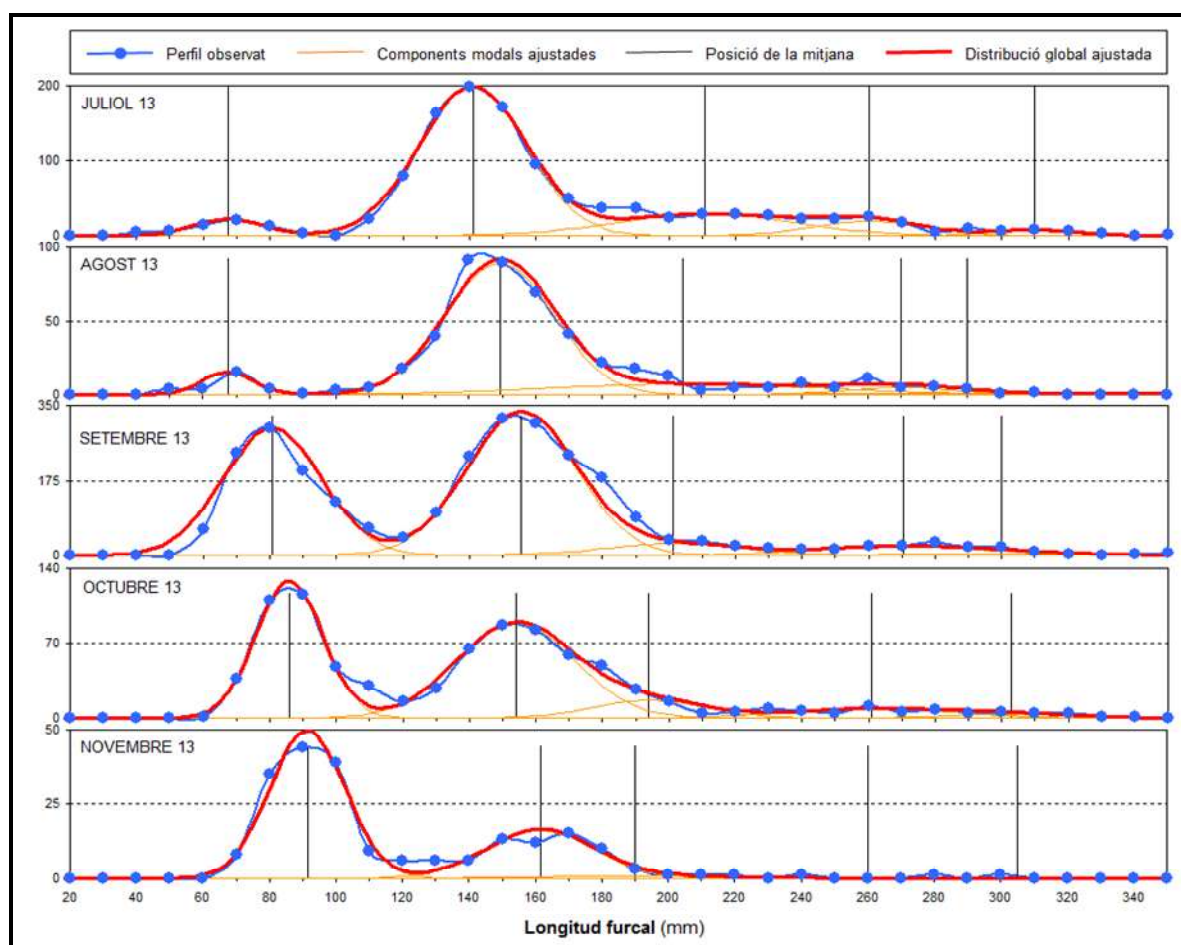


Figura 5.2.6-D.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual, i ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm). Font: Consorci de l'Estany.

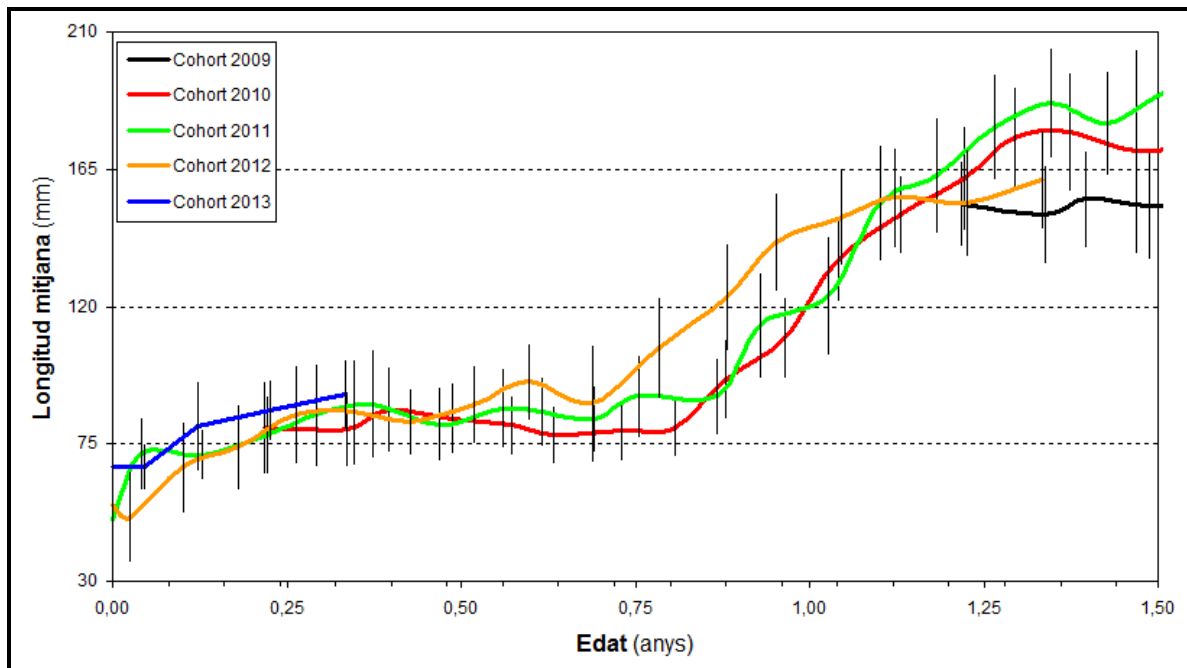


Figura 5.2.7.- Evolució de les mitjanes de longitud per cohort, obtingudes mitjançant l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Les barres representen l'error estàndard. Font: Consorci de l'Estany.

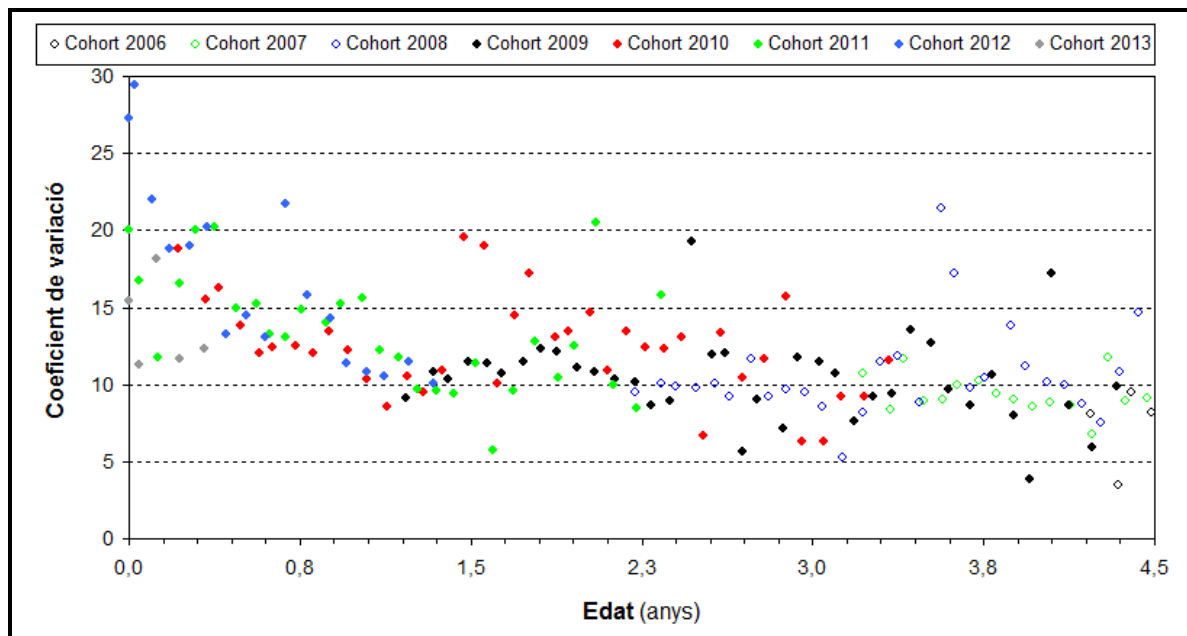


Figura 5.2.8.- Evolució del coeficient de variació de la de longitud per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Font: Consorci de l'Estany.

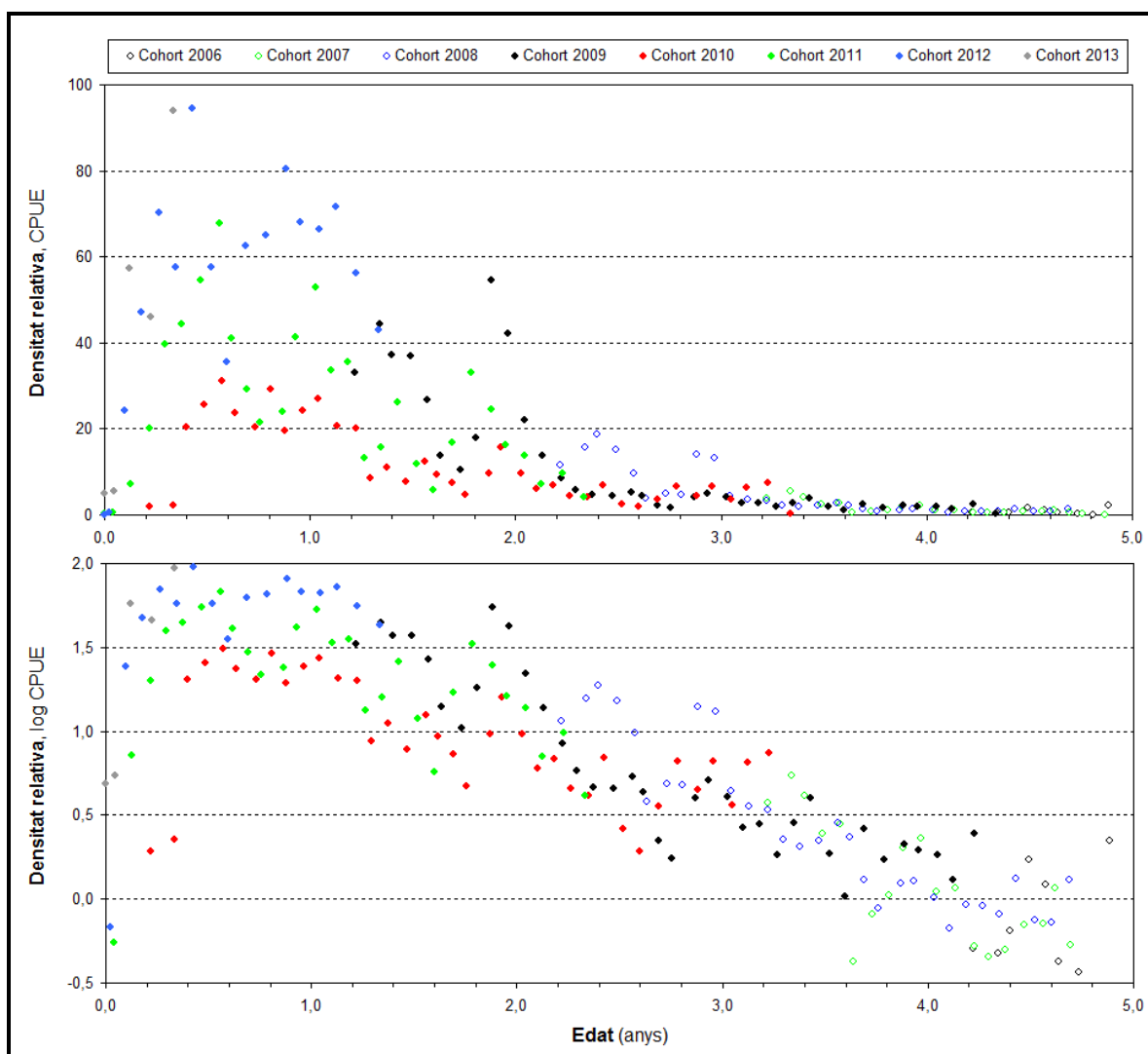


Figura 5.2.9.- Evolució de la densitat relativa per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Font: Consorci de l'Estany.

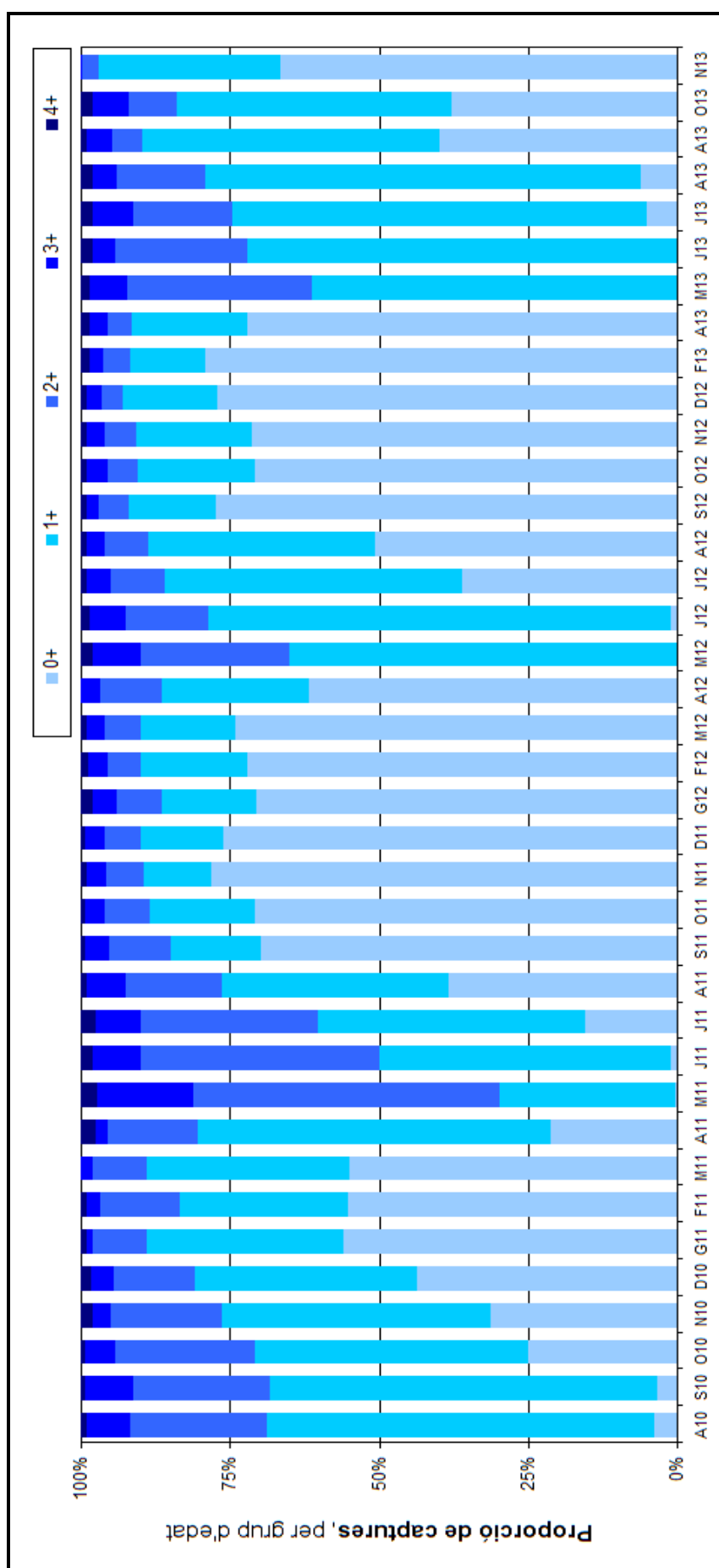


Figura 5.2.10.- Evolució de les proporcions de captures entre grups d'edat, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Font: Consorci de l'Estany.

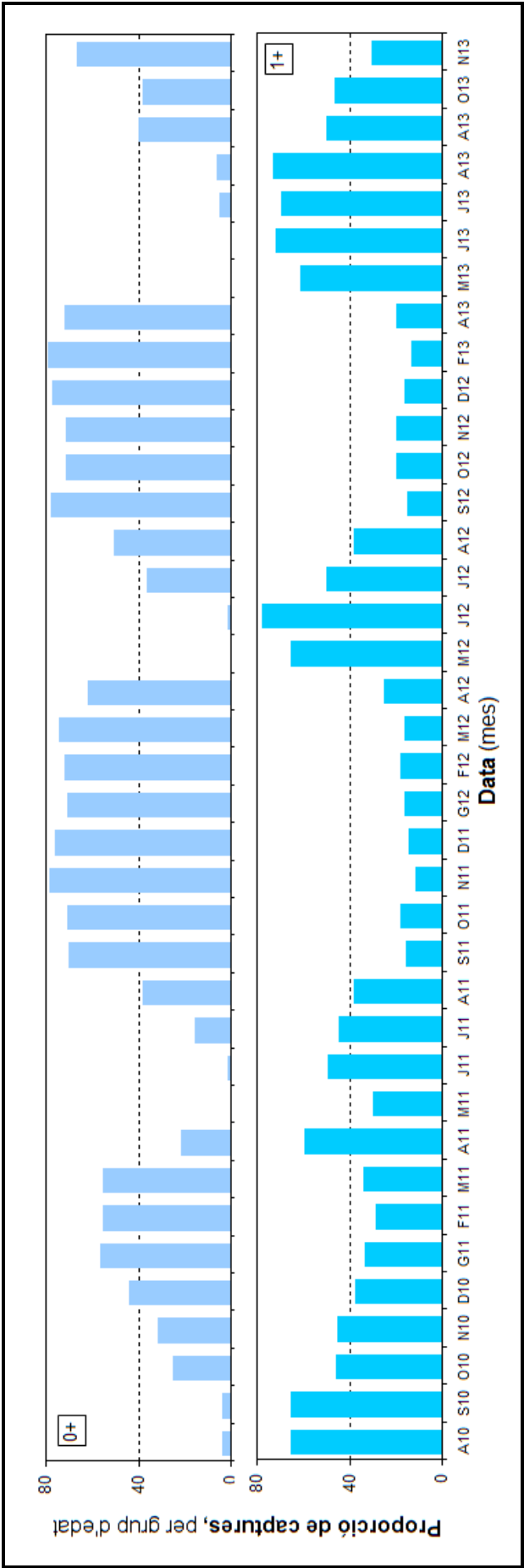


Figura 5.2.11-A.- Evolució de les proporcions de captures per grup d'edat, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Font: Consorci de l'Estany.

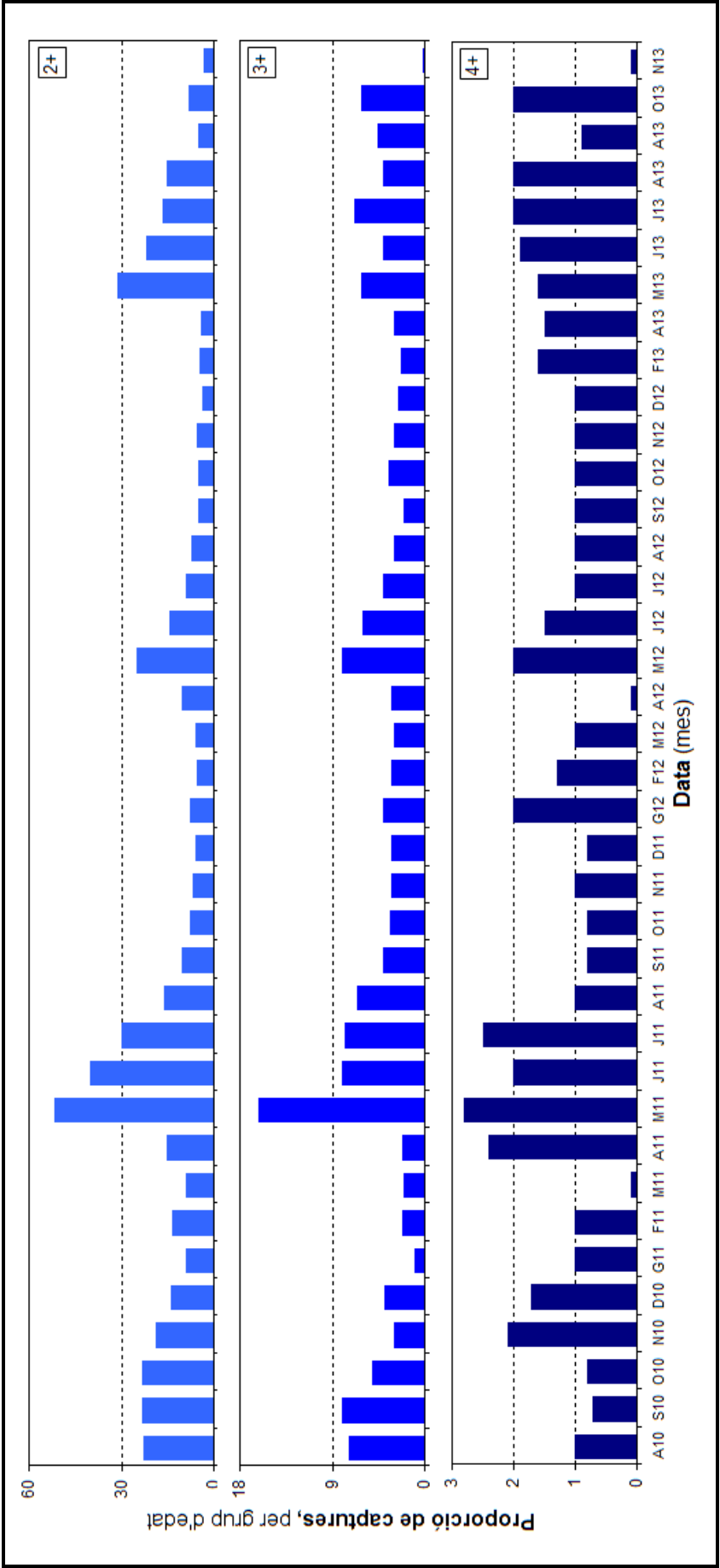


Figura 5.2.11-B.- Evolució de les proporcions de captures per grup d'edat, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostra mensual. Font: Consorci de l'Estany.

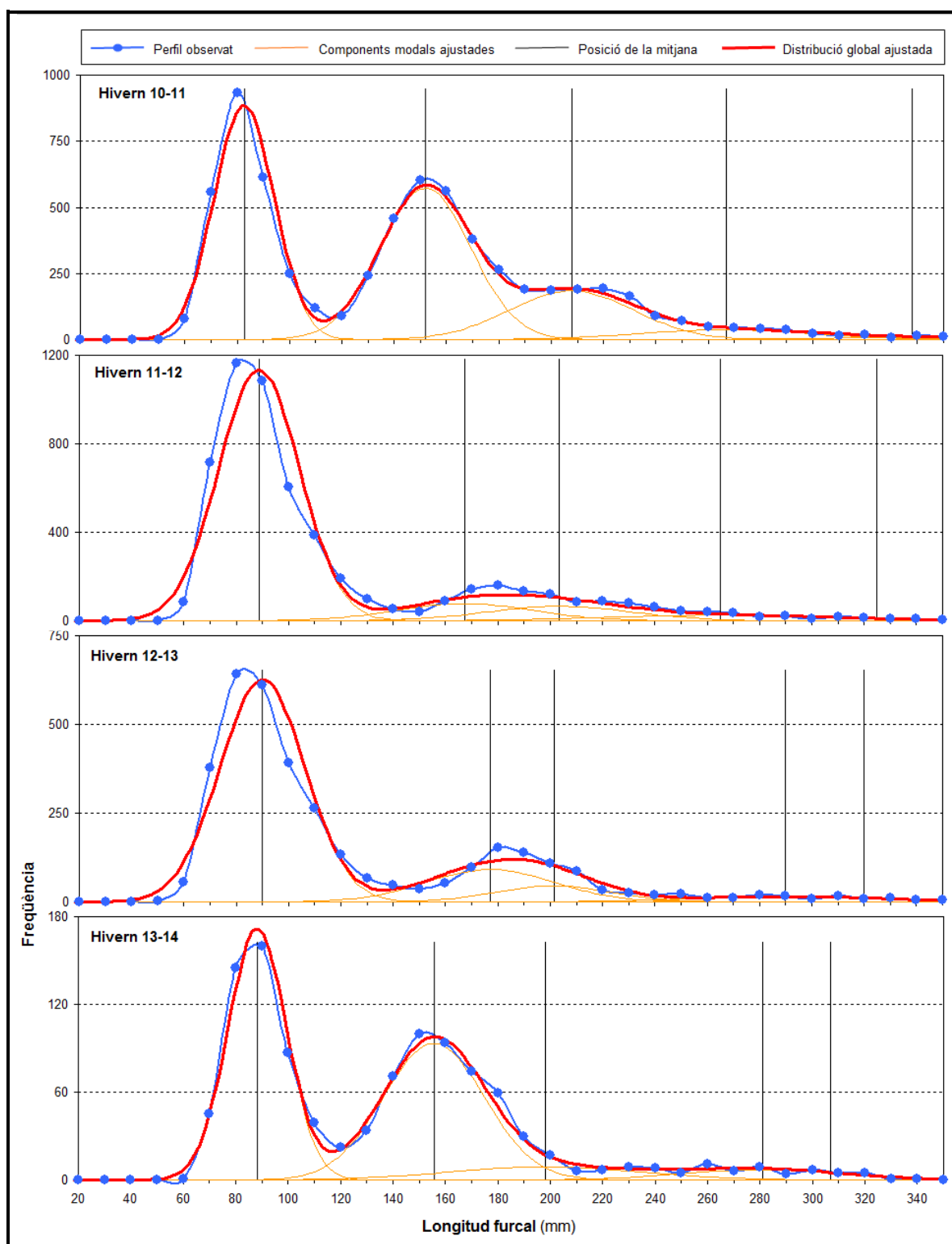


Figura 5.2.12.- Anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals, ometent les captures -escasses- d'exemplars grans (>35cm). Font: Consorci de l'Estany.

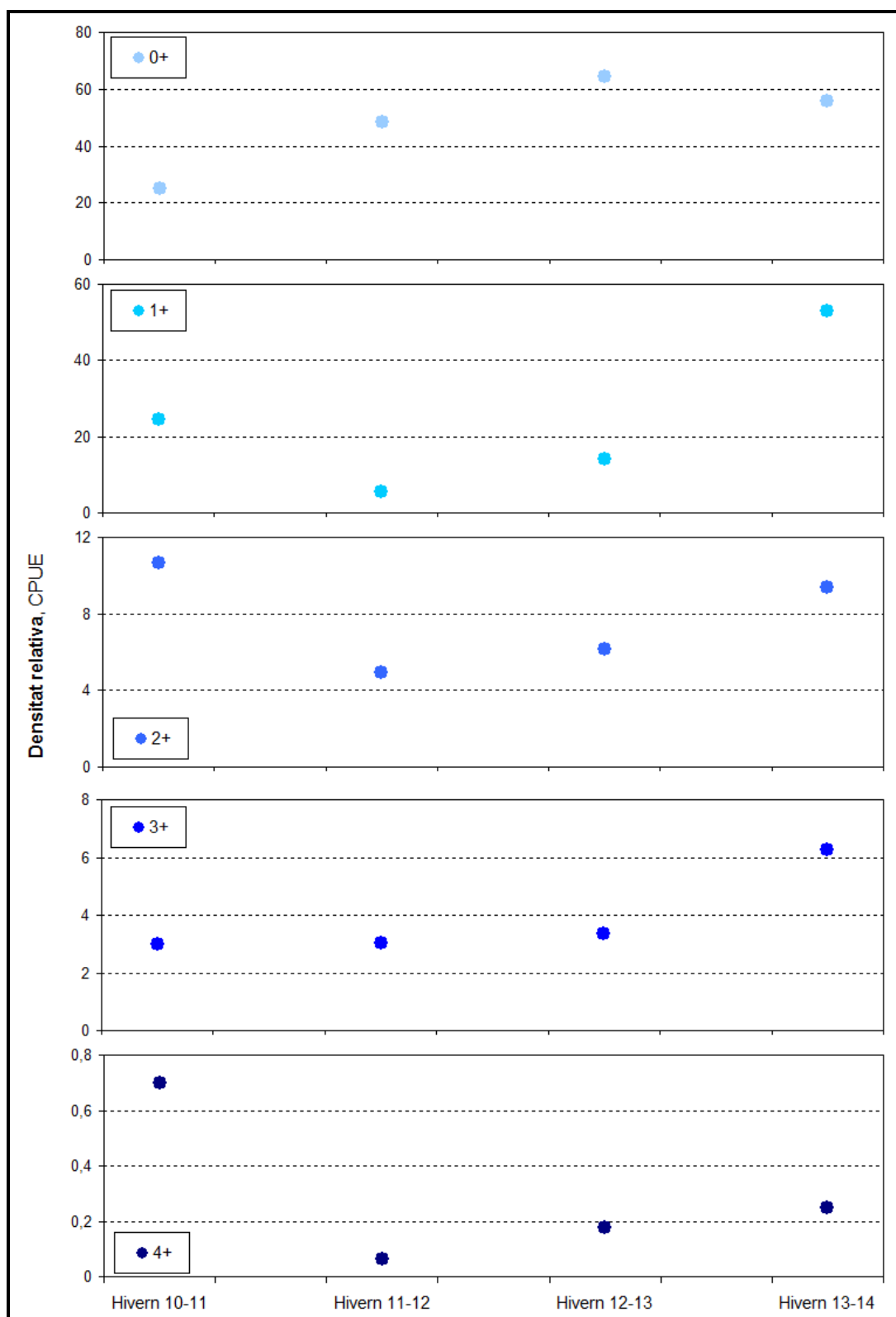


Figura 5.2.13.- Evolució de la densitat relativa per cohort, derivada de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals. Font: Consorci de l'Estany.

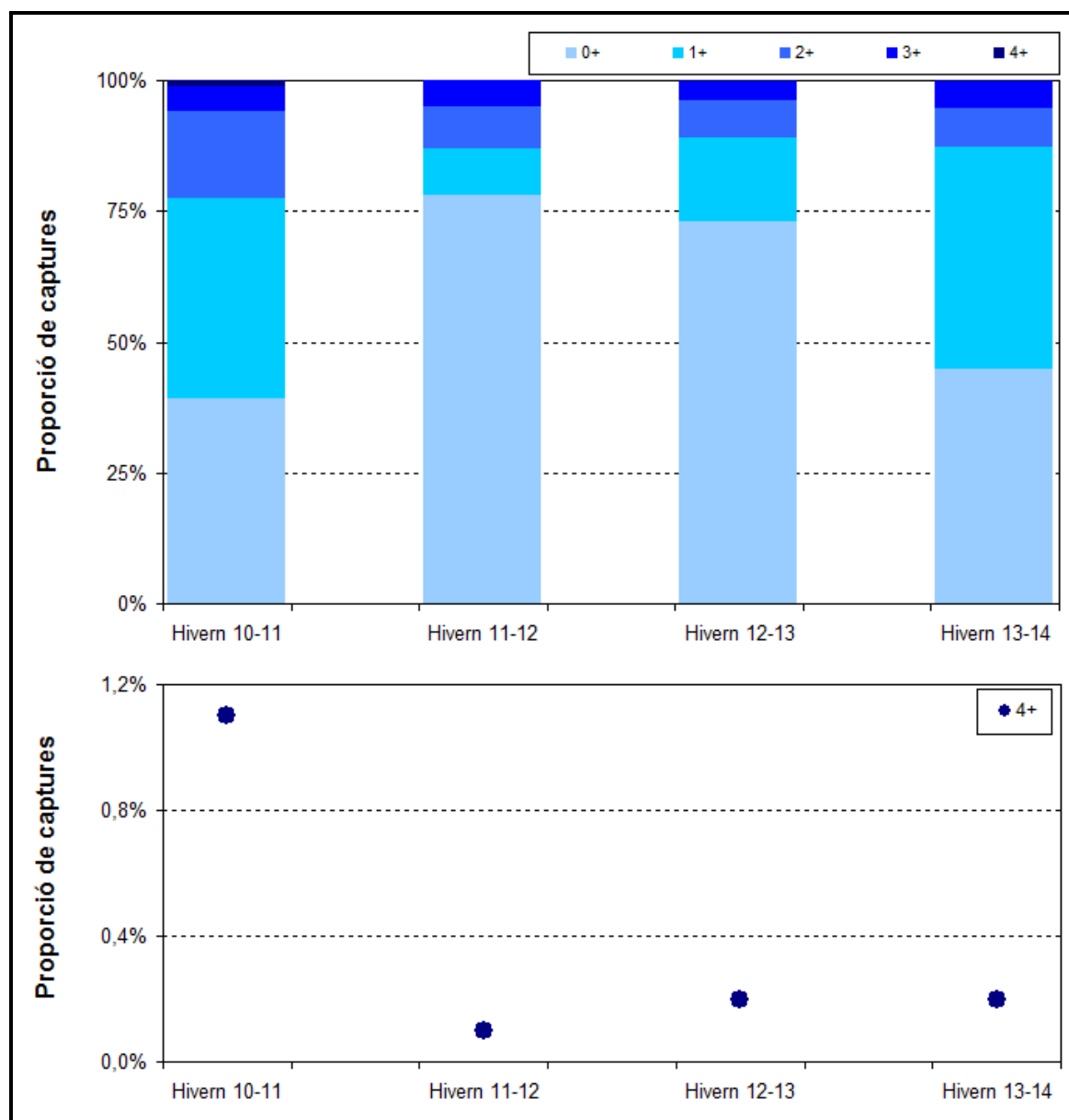


Figura 5.2.14.- Evolució de les proporcions de captura, derivades de l'anàlisi de l'estructura de mides de les captures globals amb pesca elèctrica de perca americana, amb ajustament independent per mostres hivernals. Font: Consorci de l'Estany.

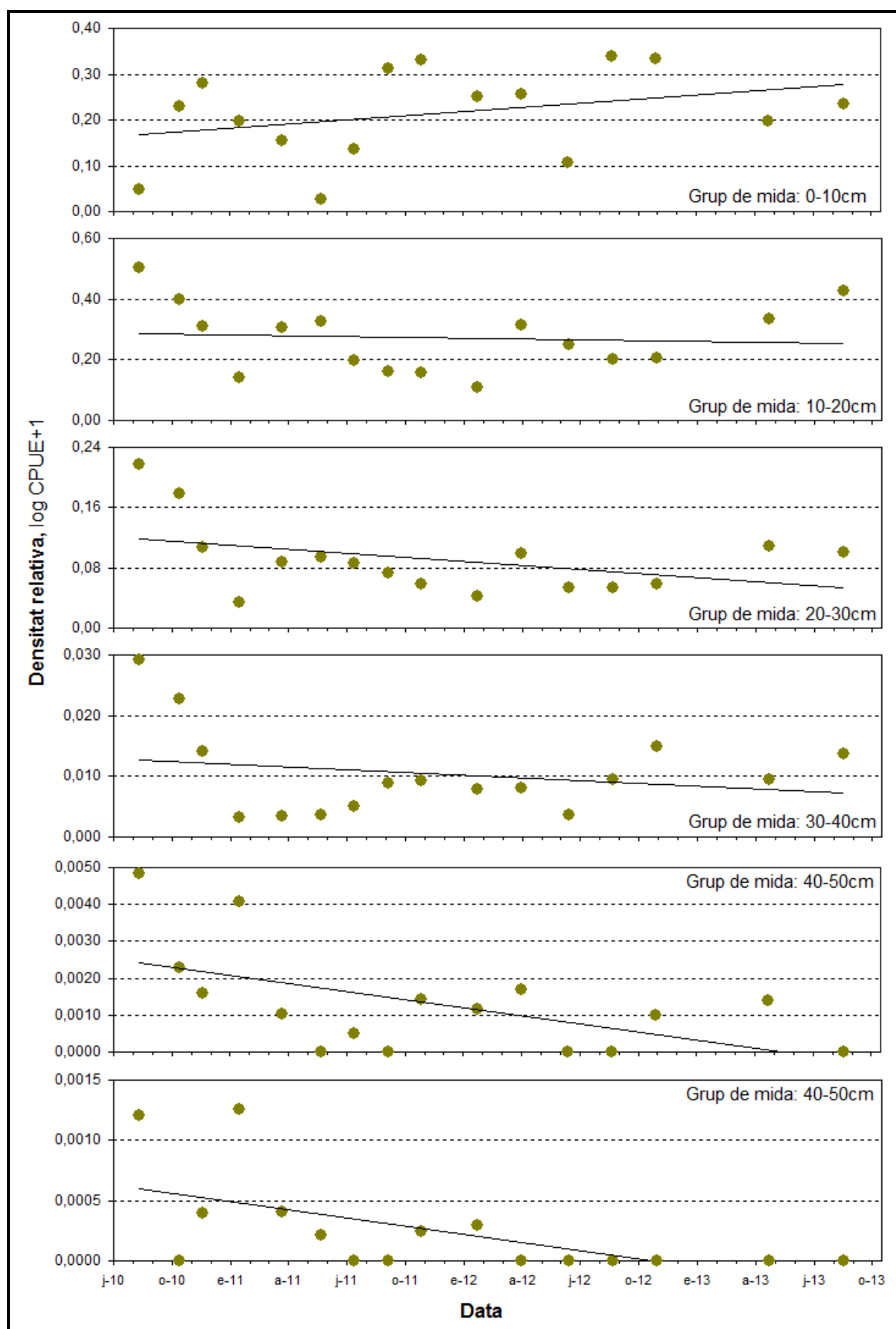


Figura 5.2.15.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de perca americana (amb pesca elèctrica), per grup de mida. Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

PERCA AMERICANA				
Paràmetre	Època	Espectre de dades: 0,15-12 anys * Model I (Z ct)	Espectre de dades: 0,15-12 anys ** Model II (Z variable)	Espectre de dades: 0,15-4 anys *** Model I (Z ct)
Ln <i>N</i> ₀	Hivern 10-11	0,963	2,103	1,801
	Hivern 11-12	0,515	2,051	1,477
	Hivern 12-13	1,338	2,387	1,862
	Hivern 13-14	2,485	3,412	2,681
<i>Z</i>	Hivern 10-11	0,492	1,388	0,830
	Hivern 11-12	0,515	1,687	0,865
	Hivern 12-13	0,710	1,808	1,007
	Hivern 13-14	0,980	2,123	1,076
<i>λ</i> _z	Hivern 10-11	-	0,225	-
	Hivern 11-12	-	0,285	-
	Hivern 12-13	-	0,288	-
	Hivern 13-14	-	0,283	-
<i>R</i> ²	Hivern 10-11	0,806	0,908	0,744
	Hivern 11-12	0,817	0,931	0,757
	Hivern 12-13	0,823	0,908	0,714
	Hivern 13-14	0,807	0,909	0,790
Models de supervivència aplicats				
Model I: <i>N</i> _t = <i>N</i> ₀ · e ^{−<i>Z</i> · t}		Model II: <i>N</i> _t = <i>N</i> ₀ · e ^{−(<i>Z</i>/<i>λ</i>) · (1 − exp (−<i>λ</i> · t))}		
Assignació d'edat a les classes de mida				
Aplicació del model de Sommers: <i>L</i> _{<i>t</i>} = <i>L</i> _∞ (1 − e ^{−(<i>K</i>(<i>t</i>−<i>t</i>₀)+<i>E</i>₁)}) on <i>E</i> ₁ = (<i>C</i> · <i>K</i> / 2 <i>π</i>) · [sin(2 <i>π</i> (<i>t</i> − <i>t</i> _{<i>s</i>})) − sin(2 <i>π</i> (<i>t</i> ₀ − <i>t</i> _{<i>s</i>}))]				
Valors dels paràmetres: <i>L</i> _∞ = 685,4 mm; <i>K</i> = 0,1337 anys ^{−1} ; <i>t</i> ₀ = −0,8784 anys; <i>C</i> = 1; <i>t</i> _s = 0,0344				

Taula 5.7.- Ajustament de models de supervivència a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat (assignat des dels grups de mida, mitjançant corbes de creixement), en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). * Es selecciona només el rang de casos des del valor màxim fins al primer "zero"; ** Es selecciona només el rang de casos des del valor màxim fins al darrer "zero"; *** Es selecciona només el rang de casos des del valor màxim fins al final de l'espectre d'edat. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

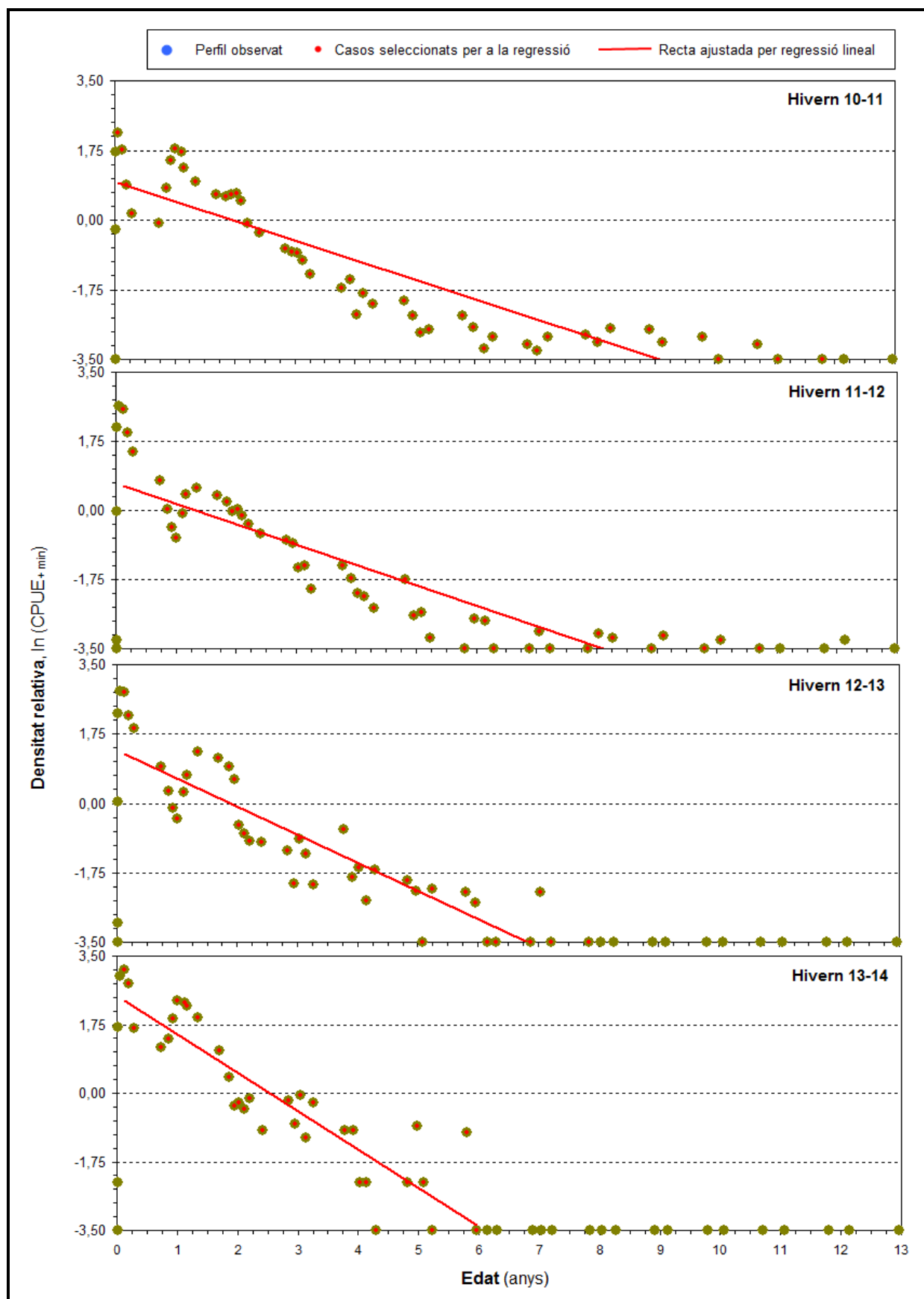


Figura 5.2.16.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins al primer "zero". Font: Consorci de l'Estany.

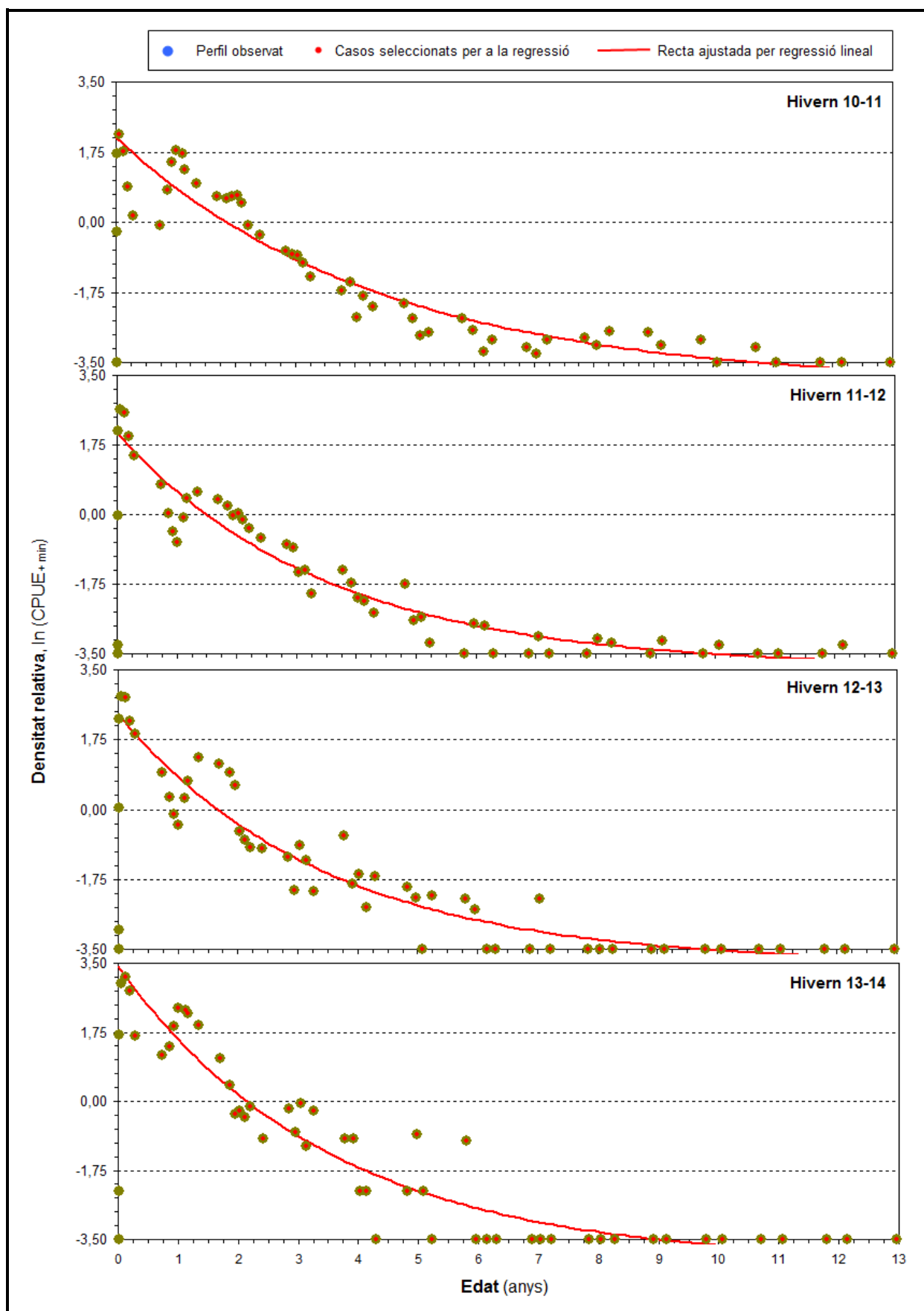


Figura 5.2.17.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència II (mortalitat variable) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins al darrer "zero". Font: Consorci de l'Estany.

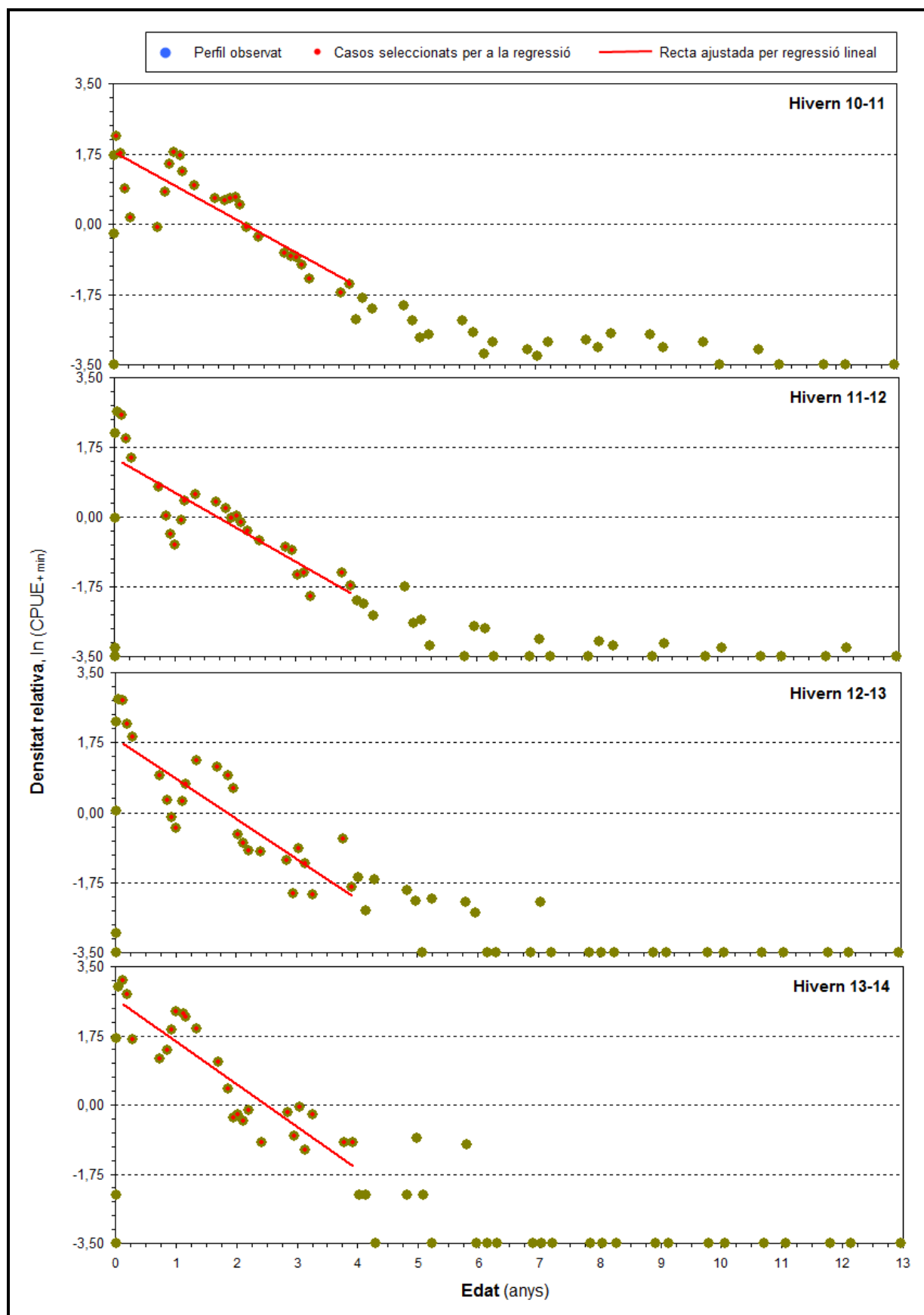


Figura 5.2.18.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de perca americana per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins als 4 anys. Font: Consorci de l'Estany.

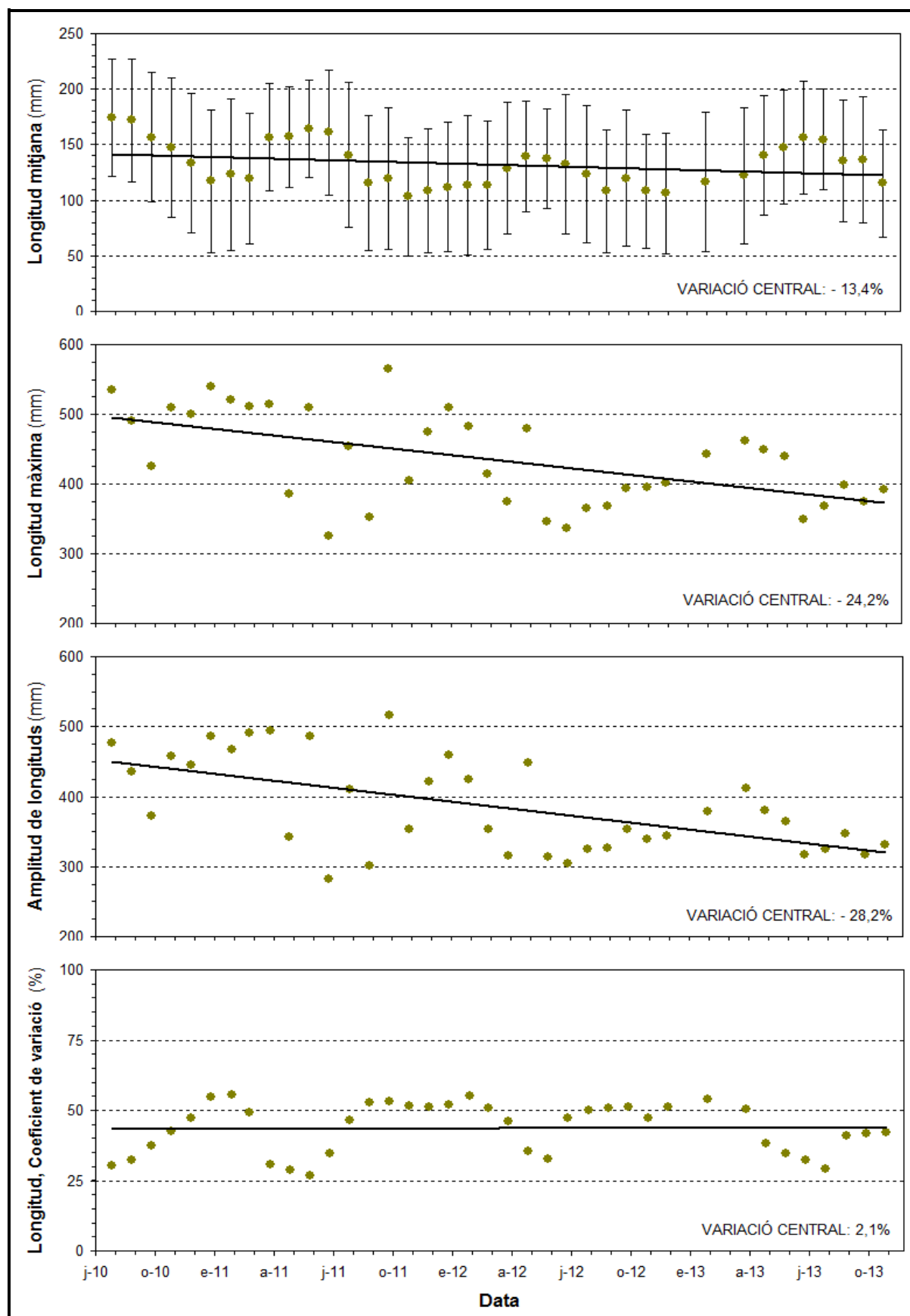


Figura 5.2.19.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana global, i de paràmetres relacionats, de les captures mensuals de perca americana (amb pesca elèctrica). Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

PERCA AMERICANA				
MLG		Variable ^a : Pes		
		Chi-quadrat de Wald	g.l.	Sig.
CONTRAST OMNIBUS:		54240,1	126	<0,0001
CONTRAST DELS EFECTES:				
INTERSECCIÓ		26798	1	<0,0001
Covariables:	-	-	-	-
Factors:	-	-	-	-
Interaccions factors:	Mes de l'any (efecte estacionalitat) X Any (efecte anualitat) X Grup de mida	3827,8	122	<0,0001
Interaccions covariables factors:	Longitud ^a X Grup de mida	217387,9	4	<0,0001
		AIC consistent (CAIC): -33311,3		

Tabla 5.8.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG sobre la condició de la perca americana a l'Estany de Banyoles durant el període 2010-2013 (només captures amb pesca elèctrica). S'han seleccionat aquells factors, covariables o les seves interaccions que, amb un efecte significatiu, comporten la millor solució global del model, escollida mitjançant minimització del CAIC. ^a Transformació logarítmica. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

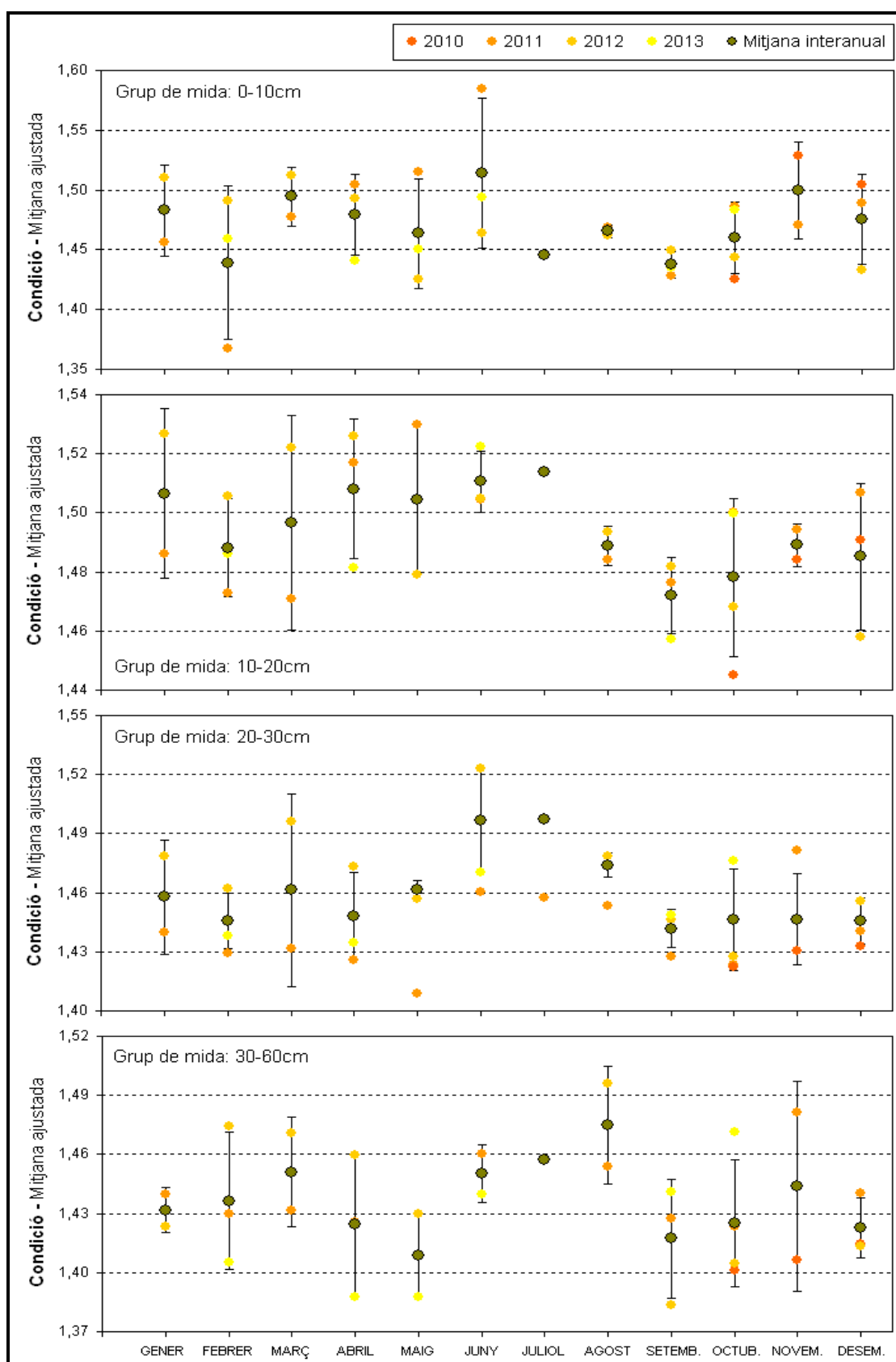


Figura 5.2.20-A.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició de la perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

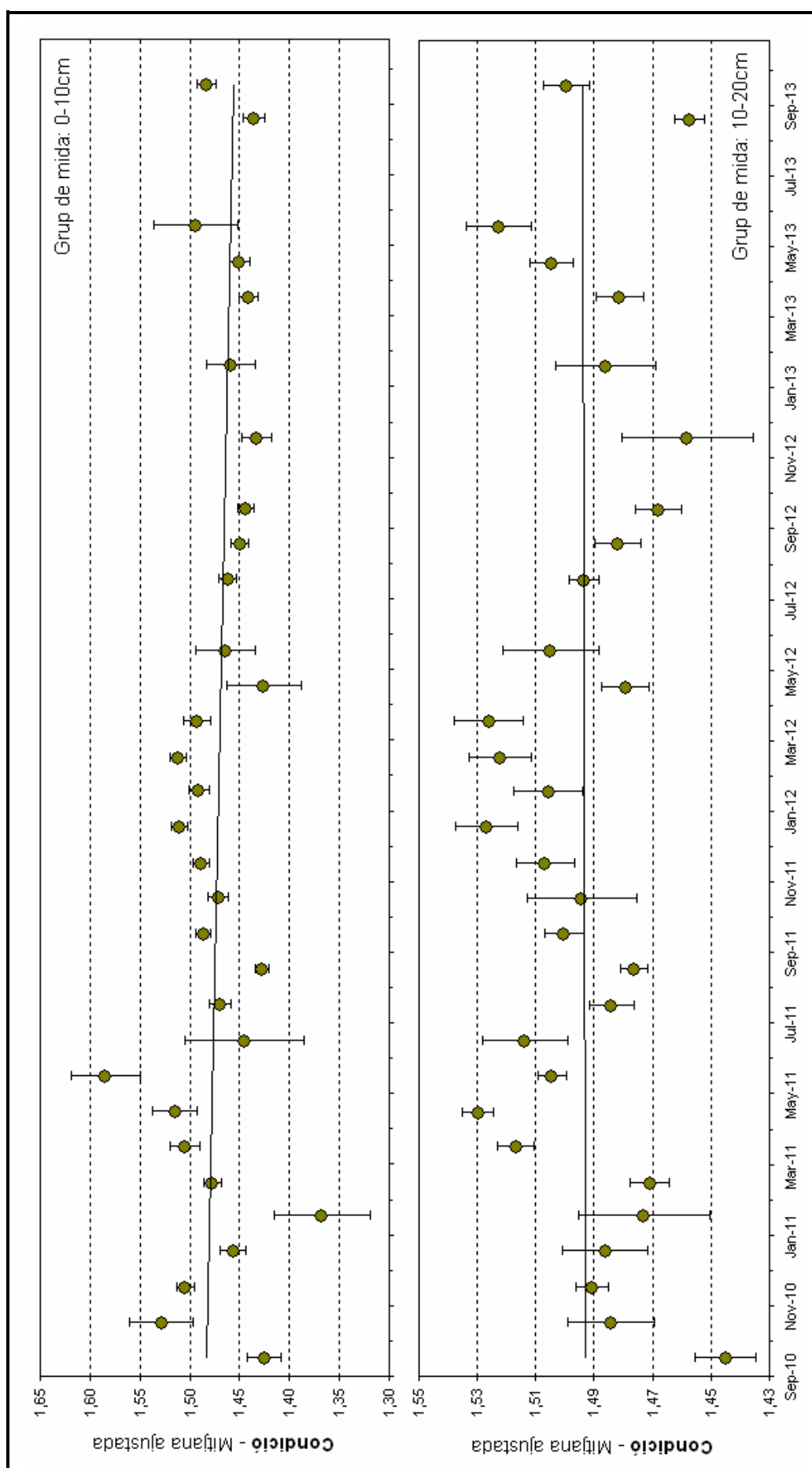


Figura 5.2.20-B.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició de la perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

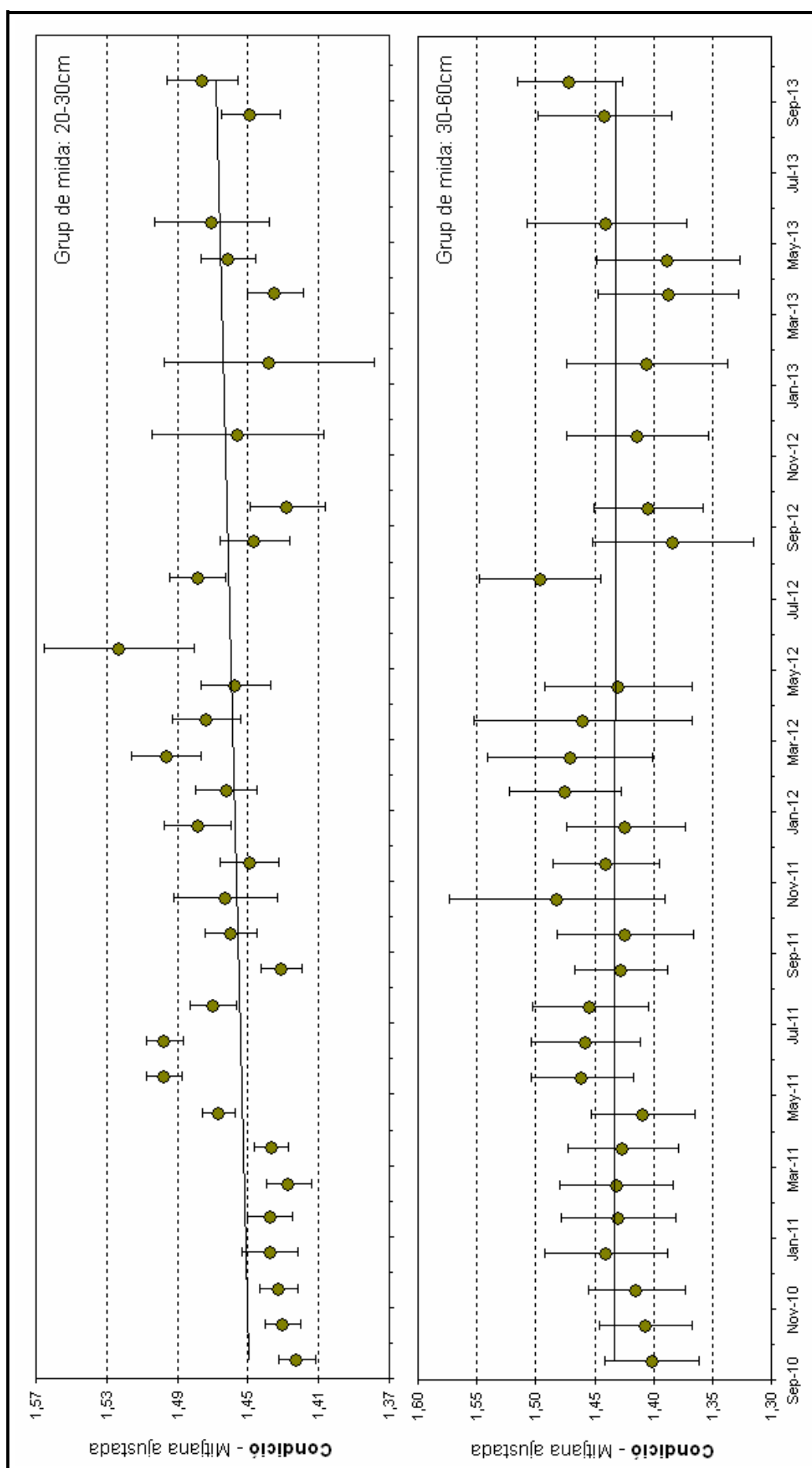


Figura 5.2.20-C.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició de la perca americana: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.4.- PEIX SOL

El peix sol és una de les dues espècies de peixos més abundants a l'Estany de Banyoles, i per tant una de les components principals de les captures globals de les campanyes de control demogràfic de peixos exòtics. Per aquest motiu, les dades disponibles permeten una anàlisi més a fons que la major part d'espècies, per bé que tan sols s'han aplicat els mètodes que s'han demostrat més eficients en el cas de la perca americana.

Aproximació inicial a les estructures de mides

Les estructures de mides globals per temporada del peix sol a l'Estany no aporten cap visió clara sobre la seva dinàmica poblacional durant el projecte (Figura 5.2.21). Cal tenir en compte l'alta variabilitat estacional en l'eficiència de pesca del peix sol, diferent a més per cada grup de mida, fet que comporta que aquestes estructures anuals globals no siguin plenament comparables entre si degut a què provenen de diferents distribucions estacionals de l'esforç.

Anàlisi simplificat de tendències temporals de l'estructura de mides

L'anàlisi de la tendència central de la densitat relativa, separant per grans grups de mida, mostra clarament com s'ha produït un clar augment progressiu en la tendència central de la densitat relativa de tots els grups de mida d'aquesta espècie, excepte pels exemplars més grans (>15cm) (Figura 5.2.22). Amb tot, cal destacar que les variacions més importants són de tipus intranual, i no pas la tendència interanual.

Perfils de supervivència

Mitjançant els paràmetres de les corbes de creixement, estimats en el marc d'estudis previs per a aquesta població de Banyoles, s'han transformat les classes de mida en classes d'edat, i a partir d'aquí s'han obtingut els perfils de supervivència a partir de mostres úniques per temporada (només hiverns). No s'ha observat cap indicatiu de l'existència d'una variació ontogènica de la taxa de mortalitat, tal com s'esdevé en el cas de la perca americana, per tant pel peix sol tan sols s'ha ajustat el model clàssic de mortalitat constant, mitjançant regressió

lineal (Taula 5.9). S'han fet dos grups d'ajustaments independents, el primer als perfils globals de supervivència, és a dir amb totes les dades de densitat relativa al llarg de tot l'espectre d'edats observat (Figura 5.2.23), i el segon amb tan sols les dades de 4 anys d'edat en amunt, quan tot indica que es produeix un reclutament complet a la tècnica de captura (Figura 5.2.24).

En les dues sèries d'ajustaments s'observa una primera resposta d'aparent disminució de la taxa de mortalitat, per progressivament recuperar els valors inicials. Aquesta variació en la taxa de mortalitat (reflectida en el pendent de les rectes ajustades) en aquest cas és bàsicament deguda als canvis en la presència relativa d'exemplars adults o grans, i no tant a variacions en la densitat de reclutes i joves, que sembla mantenir-se força estable. Durant la segona temporada s'observa una màxima presència de grans exemplars a la mostra de captures hivernals, fet que explicaria que s'hi doni el mínim de la taxa de mortalitat calculada per regressió.

Per tant, sota el supòsit que aquesta evolució sigui una resposta a les operacions de control, i no exclusivament a una dinàmica poblacional vinculada per exemple a factors ambientals, després de tot un any de control demogràfic intensiu el peix sol hauria augmentat els seus efectius relatius d'adults. És a dir, ha augmentat malgrat el control intensiu al qual es va sotmetre. Aquest fet, probablement seria una resposta a la disminució inicial de la densitat de perca americana, especialment de grans exemplars, que depreden activament sobre el peix sol. Amb tot el fet que durant la tercera i sobretot la quarta campanya es recuperin les taxes de mortalitat inicial del peix sol, no sembla plenament consistent amb el fet que la densitat de perca americana no s'ha recuperat complementàriament. Per tant, no es pot descartar l'existència d'altres factors de moment no coneguts que expliquin aquesta dinàmica observada. Un d'aquests factors pot raure, almenys en part, en un cert biaix en les mostres hivernals degut a les notables variacions interanuals que presumiblement es donen en la capturabilitat d'aquesta espècie de petita mida mitjana, situació que no sembla donar-se en canvi en el cas de la perca americana.

A més a més, cal tenir present una altre font de possible biaix en aquests perfils de supervivència, els canvis en la taxa de creixement, que al seu torn poden estar també provocats per la disminució de la densitat de depredadors. Si la variació de la taxa de creixement fos molt important, l'assignació d'edats a partir d'un joc de paràmetres únics del model de creixement podria resultar molt esbiaixada per alguns anys, i de retruc també l'ajustament del model de supervivència.

Per altra banda, quan es representen les densitats relatives mitjanes hivernals per grup de mida, calculades sobre les densitats relatives mensuals, no s'observa cap tendència clara al llarg del període, fet que no acaba de concordar amb els resultats exposats més amunt (Figura 5.2.25). Per tant, això consisteix un altre indicatiu que tots aquests resultats estan amagant algun tipus de variació de l'abundància relativa del peix sol no prou ben explicat fins aquí, o si més no mal descrit.

Longitud mitjana

La longitud mitjana del peix sol i tots els seus descriptors associats (longitud màxima, amplitud i coeficient de variació) s'han mantingut molt estables al llarg de tot el projecte, si no es tenen en compte les variacions estacionals, molt marcades i clares. Així doncs, des del punt de vista d'aquests paràmetres, la població de peix sol s'ha mantingut estable.

Condició

La condició s'ha analitzat mitjançant una anàlisi MLG del pes en el què s'ha introduït la longitud com a covariable (Taula 5.10). A diferència de la perca americana, no s'observa cap evidència de variació ontogènica de la condició. A part de la longitud, la única font de variació significativa és la combinació dels factors mes de l'any, any i grup de mida. Amb tot, a banda de les diferències entre grups de mida, sembla clar que la principal variació de la condició del peix sol és la dinàmica estacional (Figura 5.2.17-A), probablement molt vinculada a la reproducció d'aquesta espècie. En canvi, no s'observen tendències de canvi clares de tipus interanual (Figures 5.2.27-B i 5.2.27-C), que en cas de ser-hi podrien tenir relació amb les operacions de control demogràfic.

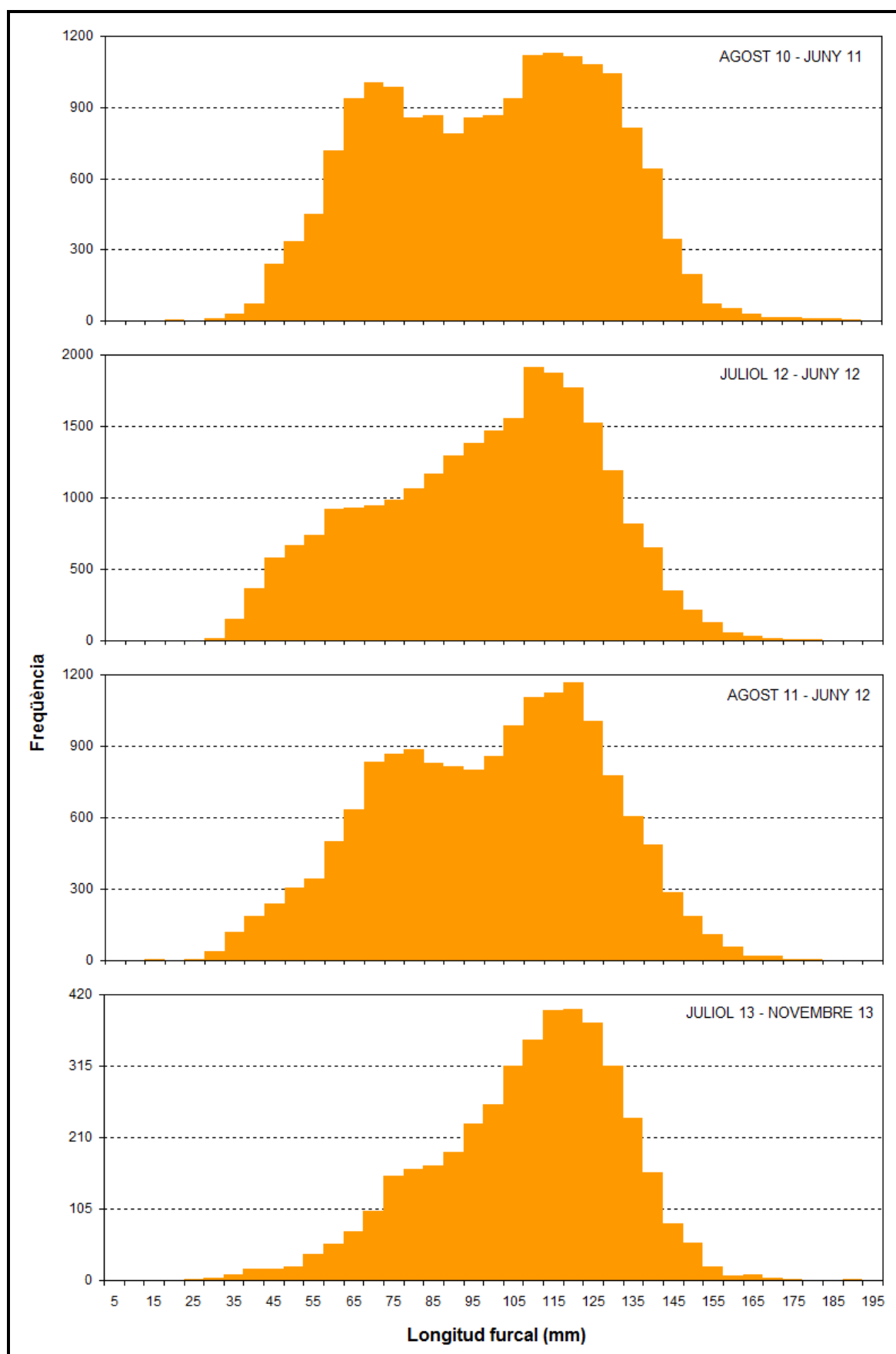


Figura 5.2.21.- Estructures de mides de les captures generals de peix sol durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles, per anualitat. Font: Consorci de l'Estany.

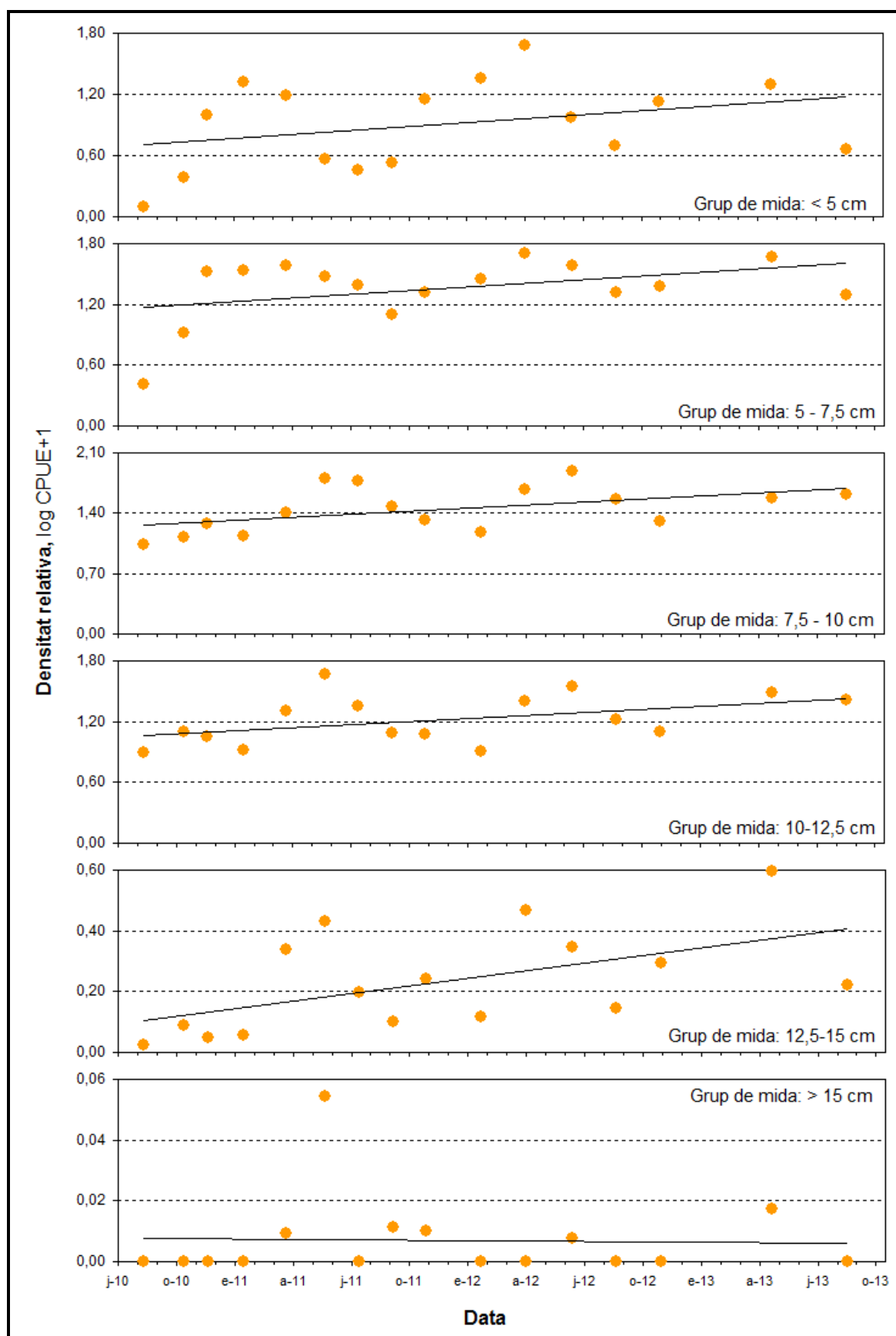


Figura 5.2.22.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de peix sol (amb pesca elèctrica), per grup de mida. Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

PEIX SOL			
Paràmetre	Època	Espectre de dades: 0,15-9 anys *	Espectre de dades: 4-9 anys **
		Model I (Z ct)	Model I (Z ct)
Ln N_0	Hivern 10-11	3,400	7,001
	Hivern 11-12	3,026	4,005
	Hivern 12-13	3,484	4,594
	Hivern 13-14	3,601	6,902
Z	Hivern 10-11	0,774	1,345
	Hivern 11-12	0,623	0,755
	Hivern 12-13	0,745	0,900
	Hivern 13-14	0,778	1,308
R ²	Hivern 10-11	0,852	0,964
	Hivern 11-12	0,934	0,934
	Hivern 12-13	0,933	0,913
	Hivern 13-14	0,762	0,866
Model de supervivència aplicat Model I: $N_t = N_0 \cdot e^{-Z \cdot t}$			
Assignació d'edat a les classes de mida Aplicació del model de Sommers: $L_t = L_{\infty} \left(1 - e^{-(K(t-t_0)+E_1)} \right) \quad \text{on} \quad E_1 = (C \cdot K / 2\pi) \cdot [\sin(2\pi(t-t_s)) - \sin(2\pi(t_0-t_s))]$ Valors dels paràmetres: $L_{\infty} = 220 \text{ mm}$; $K = 0,17 \text{ anys}^{-1}$; $t_0 = -0,8 \text{ anys}$; $C = 1$; $t_s = 0,0344$			

Taula 5.9.- Ajustament de models de supervivència a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat (assignat des dels grups de mida, mitjançant corbes de creixement), en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). * Es selecciona només el rang de casos des del valor màxim fins al primer "zero"; ** Es selecciona només el rang de casos des de l'inici de l'espectre d'edat fins al primer "zero". Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

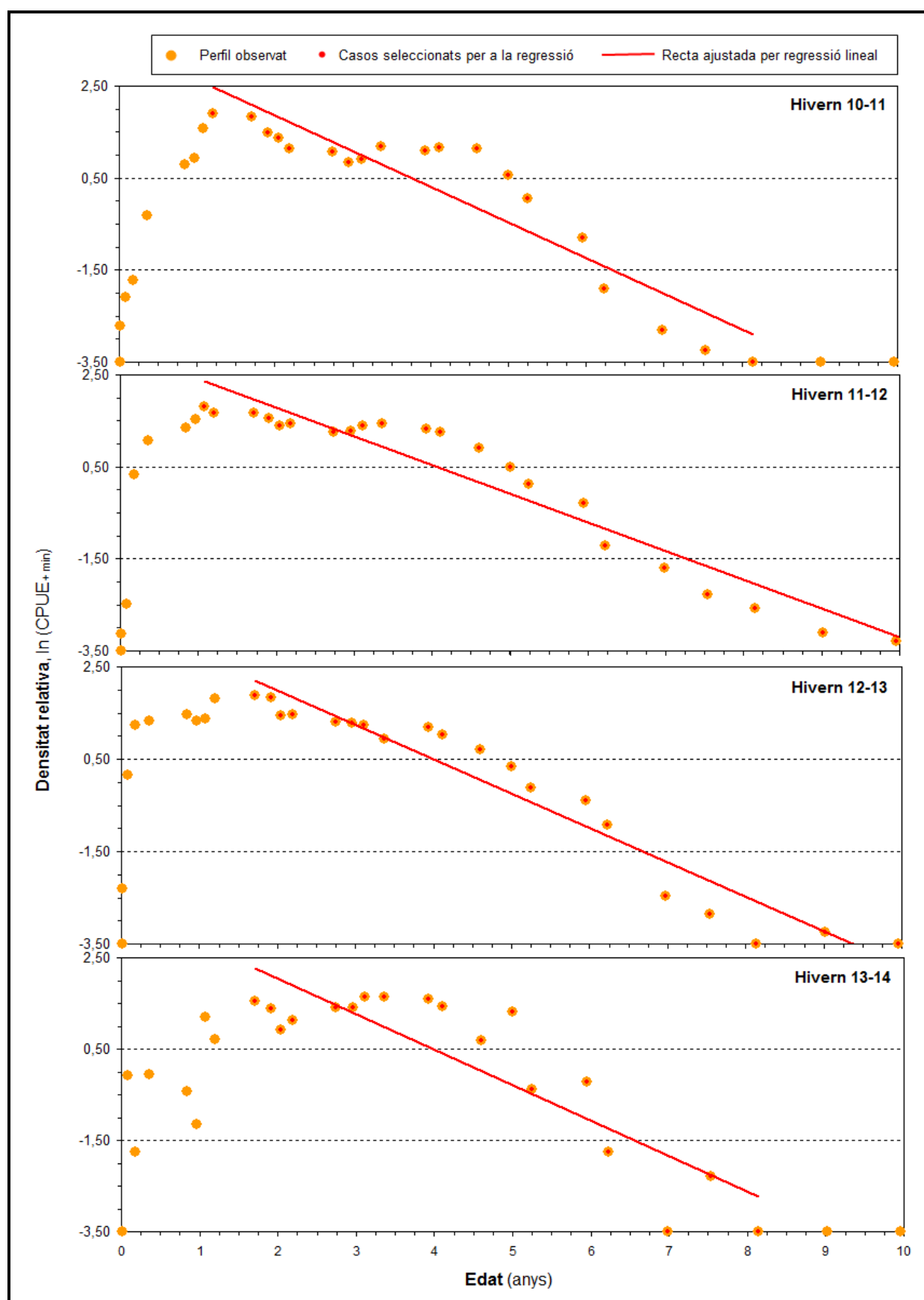


Figura 5.2.23.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des del valor màxim fins al primer "zero". Font: Consorci de l'Estany.

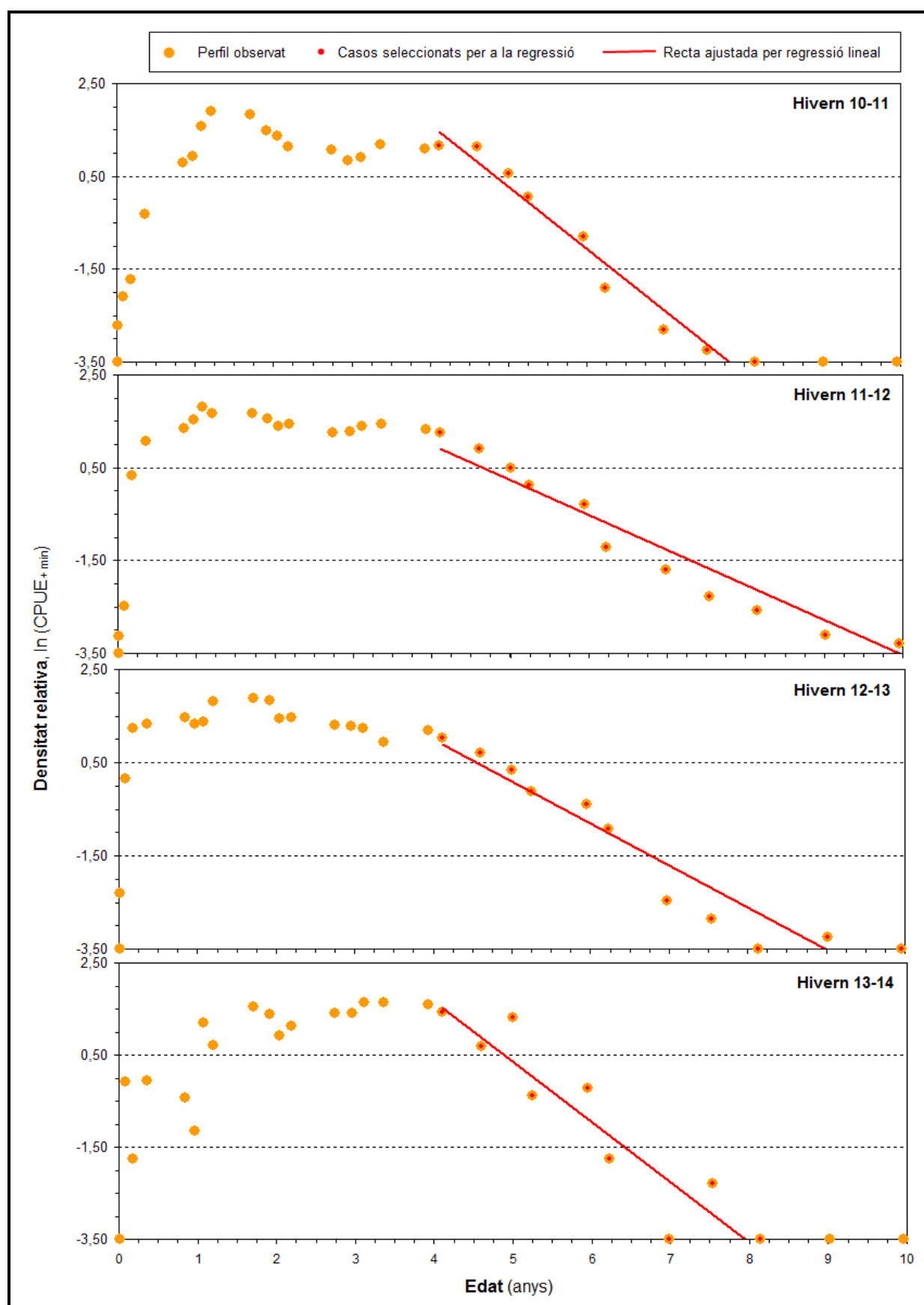


Figura 5.2.24.- Resultat gràfic de l'ajustament del model de supervivència I (mortalitat constant) a les densitats relatives de peix sol per grup d'edat, en mostres hivernals al llarg del període 2010-2013 (només pesca elèctrica). S'han seleccionat només el rang de casos des dels 4 anys d'edat fins al primer "zero". Font: Consorci de l'Estany.

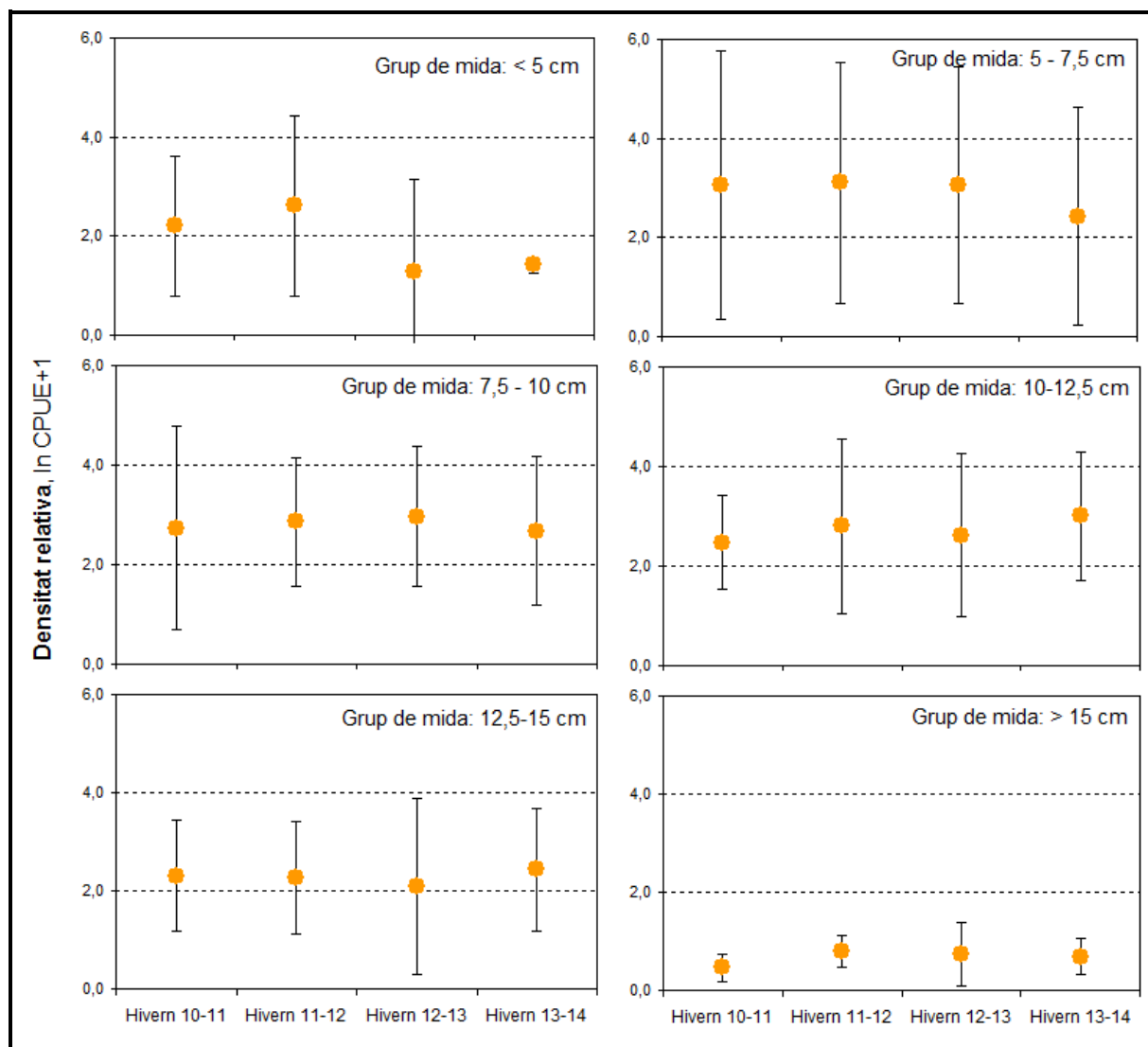


Figura 5.2.25.- Evolució de la densitat relativa (pesca elèctrica) de peix sol, per grup de mida, i per mostres hivernals al llarg del període 2010-2013. Els punt representen les mitjanes dels valors mensuals. Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

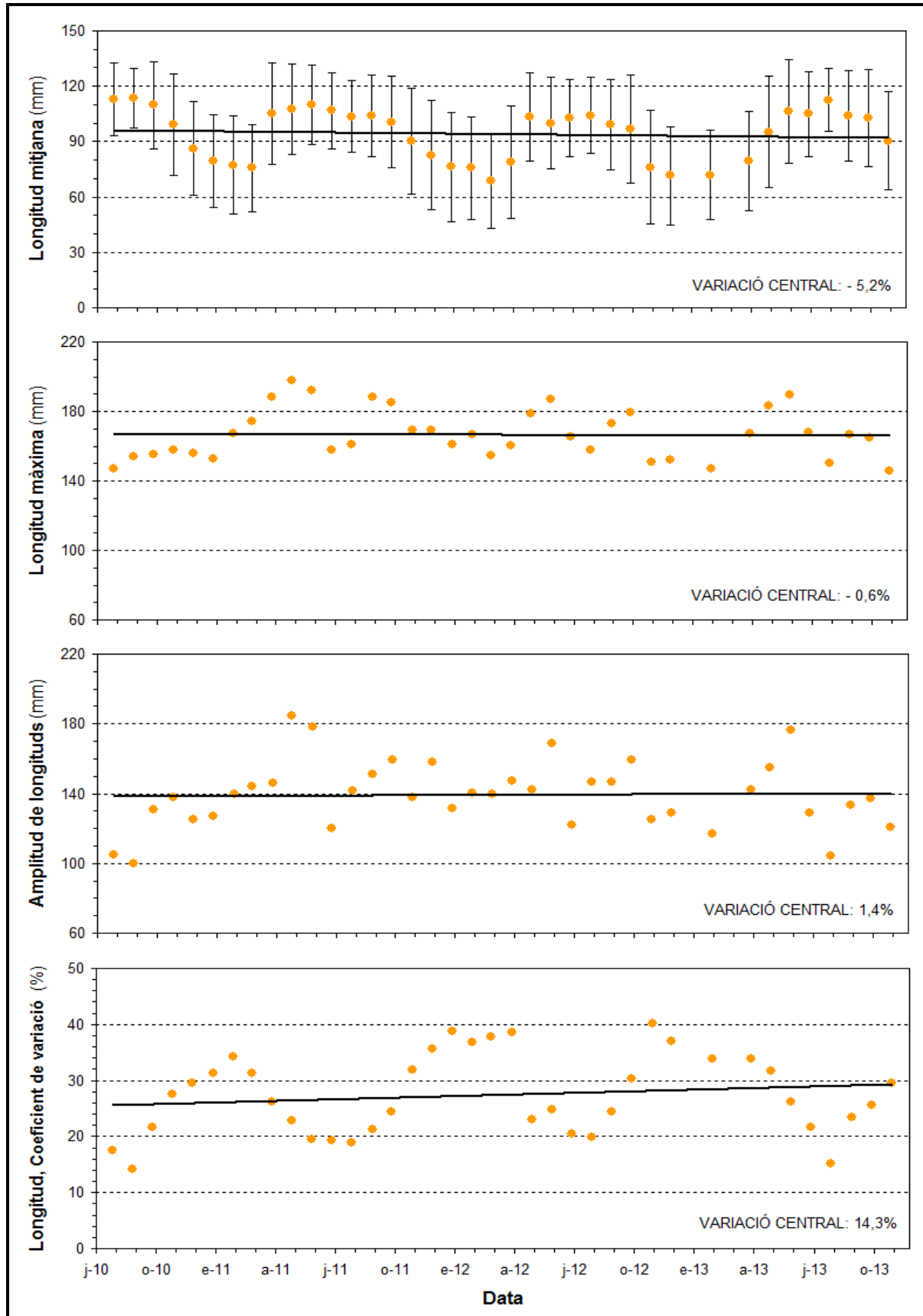


Figura 5.2.26.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana global, i de paràmetres relacionats, de les captures mensuals de peix sol (amb pesca elèctrica). Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

PEIX SOL				
MLG		Variable ^a : Pes		
		Chi-quadrat de Wald	g.l.	Sig.
CONTRAST OMNIBUS:		48404,1	123	<0,0001
CONTRAST DELS EFECTES:				
	INTERSECCIÓ	58348,6	1	<0,0001
Covariables:	Longitud ^a	91126,1	1	<0,0001
Factors:	-	-	-	-
Interaccions factors:	Mes de l'any (efecte estacionalitat) X Any (efecte anualitat) X Grup de mida	2608,0	122	<0,0001
Interaccions covariables factors:	-	-	-	-
		AIC consistent (CAIC): -32759,5		

Tabla 5.10.- Resum dels resultats de l'anàlisi MLG sobre la condició del peix sol a l'Estany de Banyoles durant el període 2010-2013 (només captures amb pesca elèctrica). S'han seleccionat aquells factors, covariables o les seves interaccions que, amb un efecte significatiu, comporten la millor solució global del model, escollida mitjançant minimització del CAIC. ^a Transformació logarítmica. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

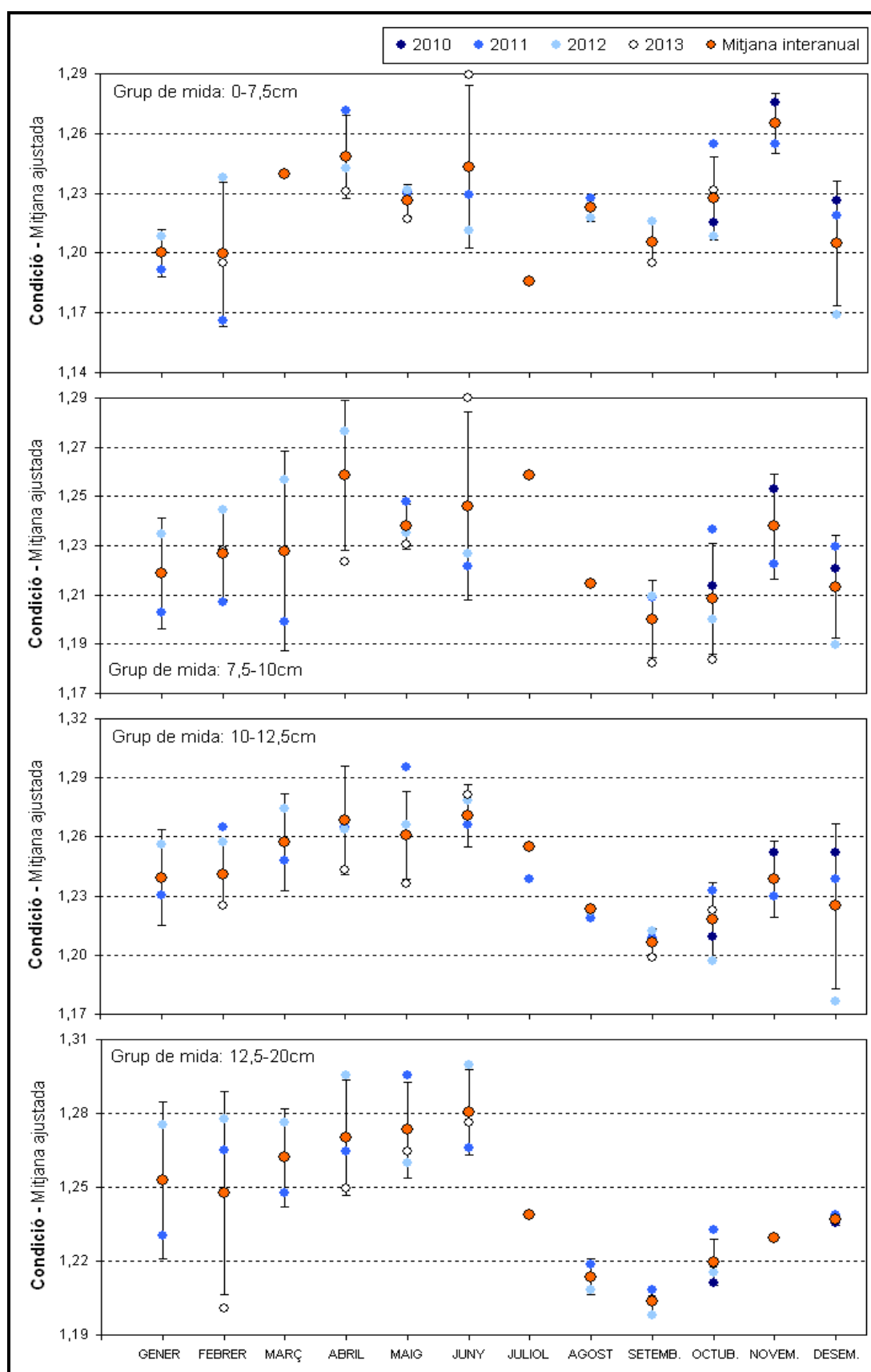


Figura 5.2.27-A.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició del peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards.
Font: Consorci de l'Estany.

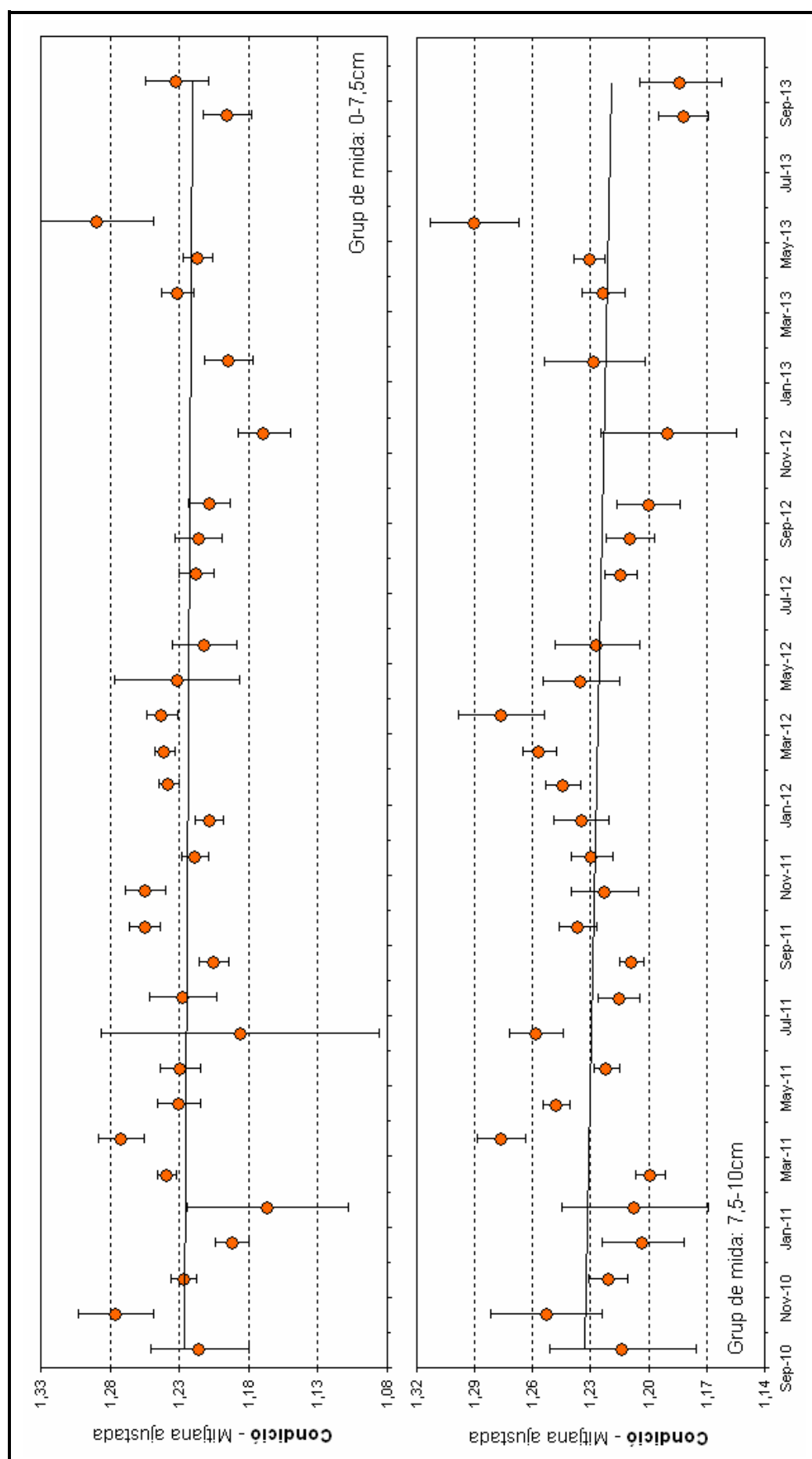


Figura 5.2.27-B.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició del peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

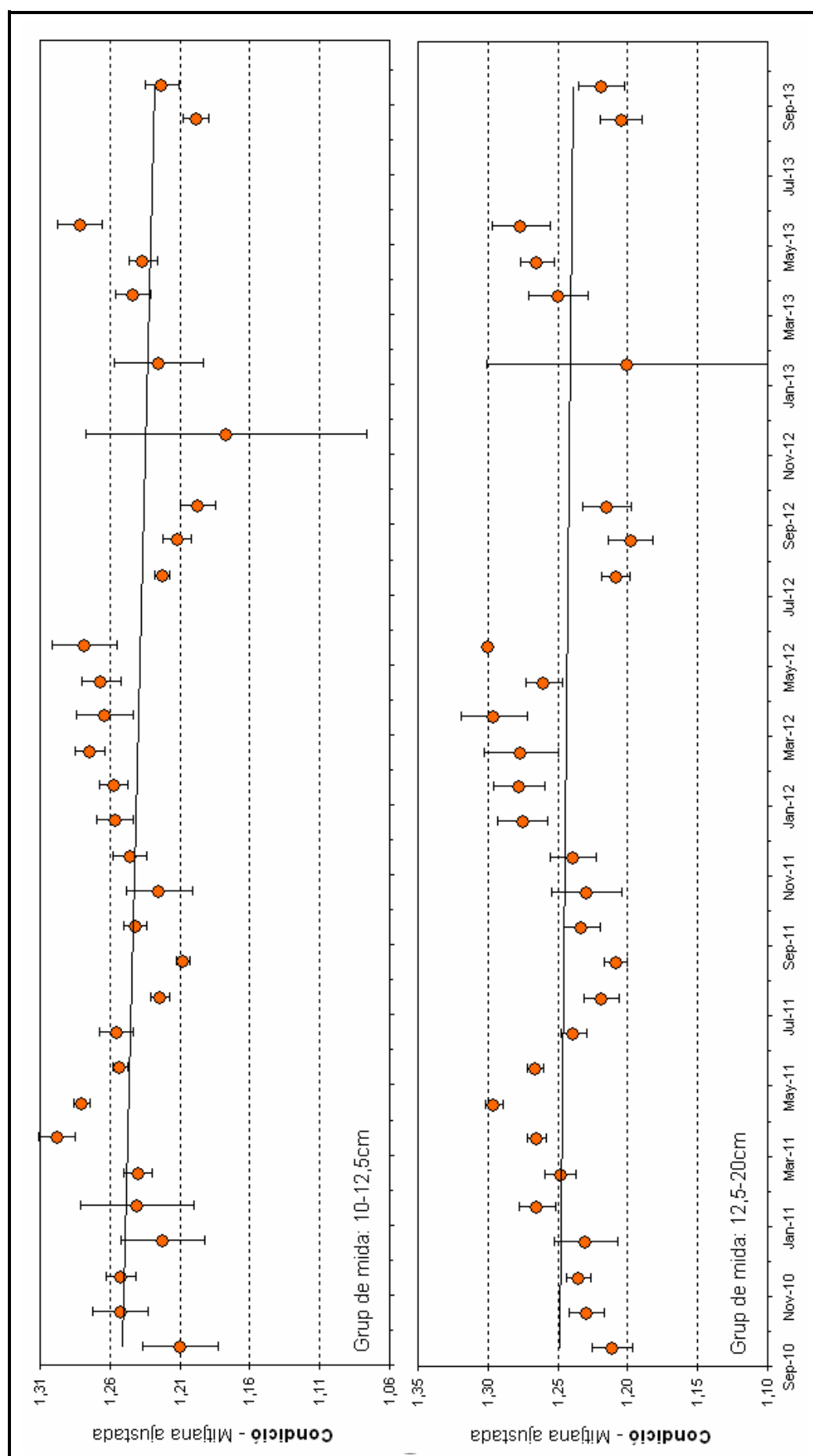


Figura 5.2.27-C.- Resum gràfic dels resultats de l'anàlisi MLG feta sobre la condició del peix sol: mitjanes ajustades pel factor Grup de mida X Any (efecte anualitat) X Mes de l'any (efecte estacionalitat). Les barres representen els errors estàndards. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.5.- PERCA

L'estructura poblacional de la perca a l'Estany de Banyoles encara no és ben coneguda, en bona mesura degut al fet que hi manté una densitat relativament baixa, i que ocupa sectors difícils de mostrejar. Malgrat que l'estructura de mides global de les captures d'entrada sembla suggerir la presència de només tres components modals d'edat (figura 5.2.28), és molt probable que en realitat hi hagi forces més grups d'edat. Com a mínim l'aparent component modal superior (21-33cm, aprox.) sembla amagar diversos grups d'edat, encara més tenint en compte que aquesta espècie presenta un cert dimorfisme sexual en la mida. Per afinar el coneixement sobre l'estructura poblacional de la perca a l'Estany, i de retruc també de la seva dinàmica poblacional, caldria dur a terme un estudi específic en base a mostres d'exemplars i a la determinació de l'edat a partir d'estructures òssies.

Donat el disseny de les campanyes de control demogràfic dutes a terme en aquest projecte, i al fet que la perca es captura sobretot amb xarxes, no es disposa de sèries temporals potents, distribuïdes al llarg de tot el projecte i representatives de tota la població de perca. No s'observen tendències clares en la longitud mitjana al llarg del temps (Figura 5.2.29), però evidentment aquest fet pot ser degut a la poca representativitat de les mostres. En canvi, sembla observar-se un increment net de la densitat relativa -derivada de la pesca elèctrica- al llarg del període del projecte, corresponent bàsicament a exemplars petits, sobretot joves de l'any (Figura 5.2.30). Però cal anar amb compte amb la interpretació d'aquesta possible tendència, atès que pot no ser consistent i contínua a llarg termini; de fet, per a moltes poblacions lacustres d'aquesta espècie s'han descrit cicles plurianuals en la seva dinàmica poblacional i sobretot en el seu reclutament, i per tant no es pot descartar que les dades disponibles corresponguin a un eventual cicle d'aquest tipus. Això s'anirà aclarint a mesura que progressivament es vagin obtenint més dades d'abundància en el marc d'eventuals noves campanyes de control demogràfic de les espècies exòtiques de peixos de l'Estany de Banyoles.

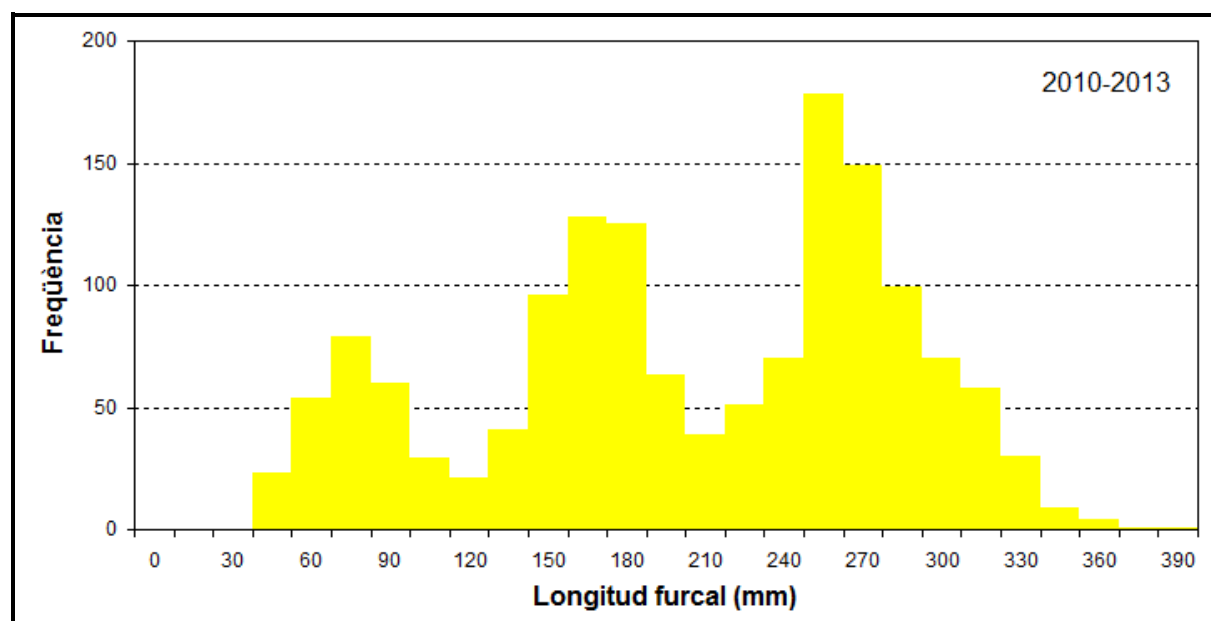


Figura 5.2.28.- Estructures de mides de les captures generals de perca durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles. Font: Consorci de l'Estany.

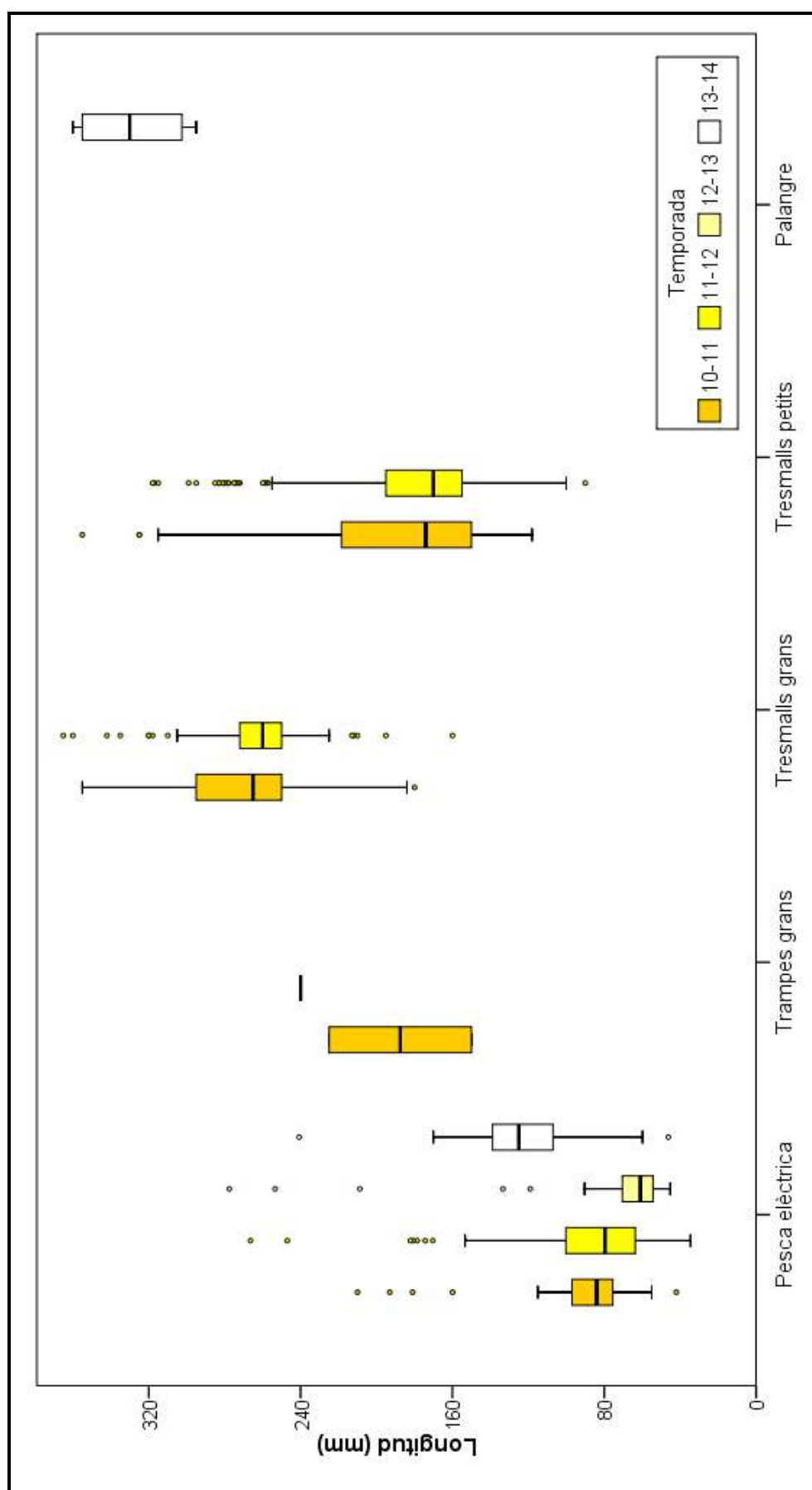


Figura 5.2.29.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de perca, amb les diverses tècniques de captura emprades. Font: Consorci de l'Estany.

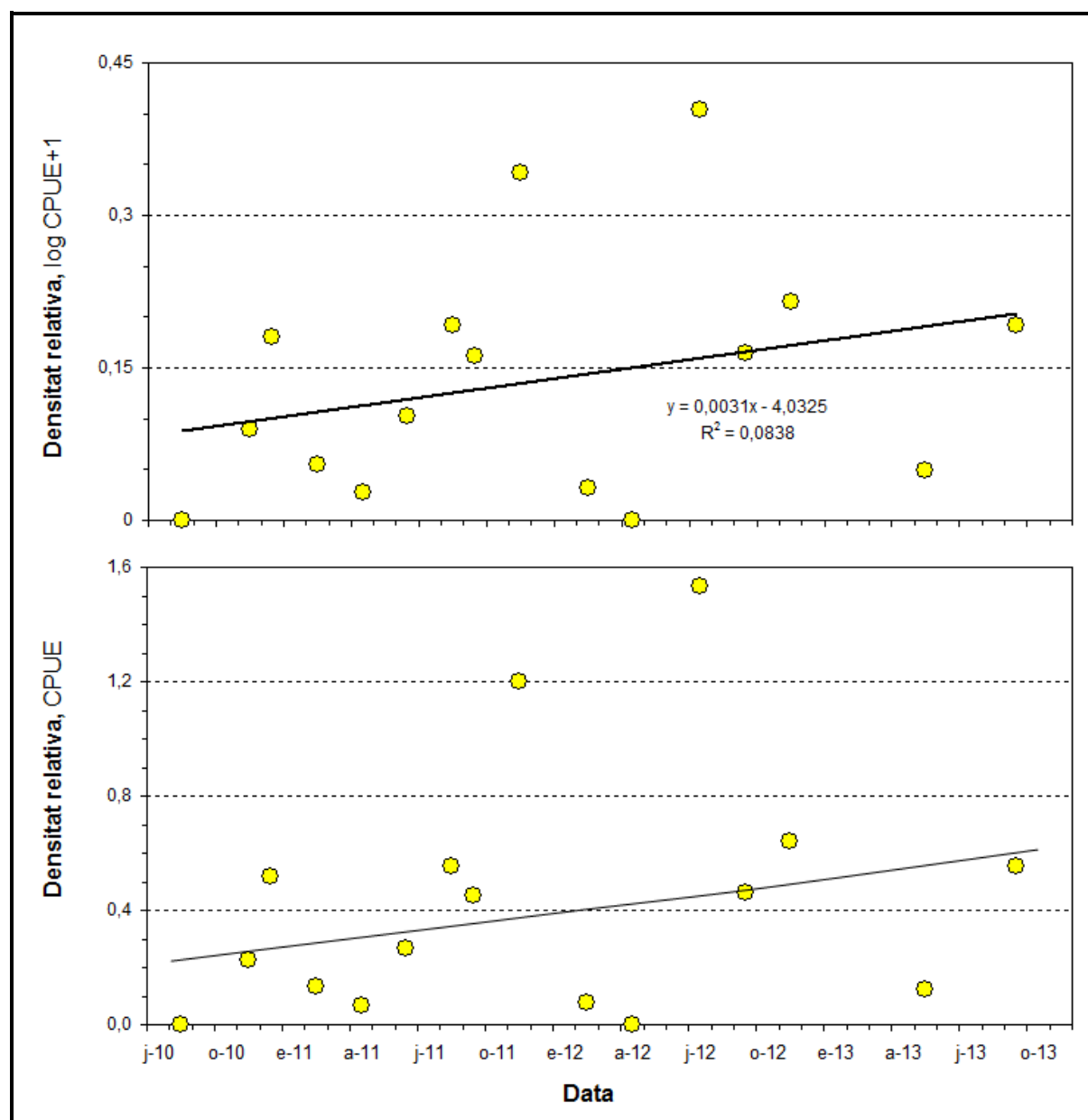


Figura 5.2.30.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de perca (amb pesca elèctrica). Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.6.- SANDRA

Com en el cas de la perca, l'estructura poblacional de la sandra a l'Estany de Banyoles no és ben coneguda, en aquest cas també degut a una densitat relativament baixa, i a la dificultat del seu mostreig. En tot cas, l'estructura de mides de les captures globals obtingudes durant el projecte indiquen la presència d'almenys 5 grups d'edat, i d'exemplars de gran mida, amb una mida propera a la màxima descrita per a l'espècie (Figura 5.2.31).

Per altra banda, no s'observen tendències clares en la longitud mitjana al llarg del temps (Figura 5.2.32), però novament aquest fet pot ser degut a la poca entitat de les mostres. A mesura que les sèries temporals de dades disponibles s'allarguin, es d'esperar que resulti més fàcil interpretar els resultats assolits amb aquestes espècies més escasses.

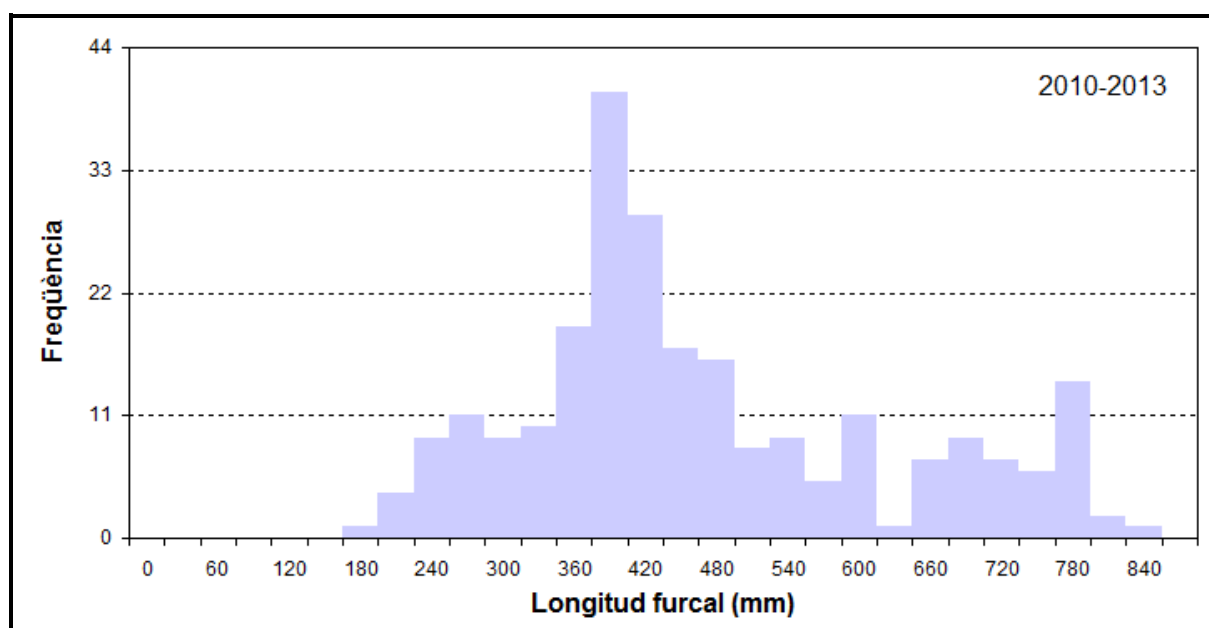


Figura 5.2.31.- Estructures de mides de les captures generals de sandra durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles. Font: Consorci de l'Estany.

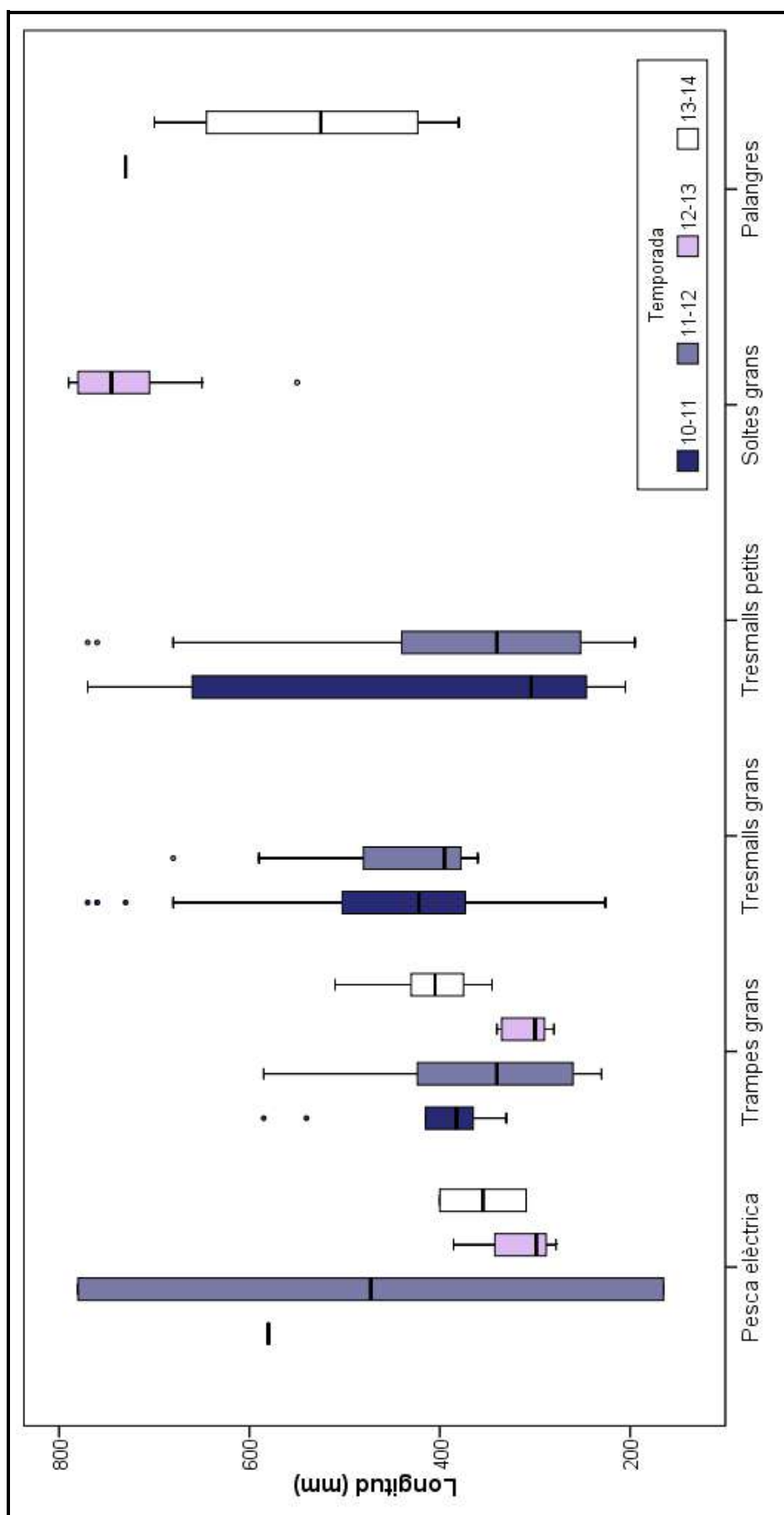


Figura 5.2.32.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de sandra, amb les diverses tècniques de captura emprades. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.7.- CARPA

Ja fa diverses dècades que s'havia anat observant un envelliment progressiu de la població de carpa a l'Estany de Banyoles, degut a un escàs reclutament. Aquesta situació s'ha relacionat sobretot amb una certa manca d'hàbitats adients i protegits, on s'hi produeixi un reclutament segur, lliure de la pressió de depredació immediata de la major part d'altres espècies exòtiques. L'estructura de captures globals de carpa del projecte confirmen aquesta situació (Figura 5.2.33), ja que s'observen molt poques captures de joves de l'any, i relativament poques d'exemplars 1+ i 2+. De fet, el més versemblant és que el reclutament es produeixi en alguns sectors segurs fora de l'Estany (recs, llacunes o estanyols), però en tot cas en baix nombre, des d'on els exemplars acabarien arribant a l'Estany. Fins a data d'avui no s'ha identificat cap d'aquests eventuais sectors; és més, quan s'ha localitzat algun episodi puntual de reclutament localitzat en alguna llacuna s'ha intervingut eliminant el nou nucli mitjançant dessecació. Per altra banda, val a dir que des d'un temps cap aquí s'han incorporat criteris de gestió de les masses d'aigua de l'entorn de Banyoles per evitar-hi o minimitzar la penetració i proliferació de carpes.

Per aquesta espècie, la pesca elèctrica amb embarcació, malgrat no generar captures gaire copioses, permet capturar tot l'espectre de mides existents a l'Estany, i per tant obtenir mostres representatives, tot i que petites en comparació a les de les espècies més abundants a l'Estany. En la sèrie temporal de captures de carpa amb pesca elèctrica, s'observa una disminució gradual de la longitud mitjana (Figura 5.2.34), amb una disminució d'aquesta variable equivalent al 29% entre la primera i la darrera temporada del projecte. Aquest fet ja indica un possible efecte molt significatiu sobre aquesta espècie de les campanyes de descastament de peixos exòtics.

Pel que fa a la densitat relativa de carpa, s'ha produït un fort decrement al llarg del projecte, amb una tendència central amb un pendent negatiu clar, i un percentatge de reducció del valor central d'aquesta tendència, de l'inici al final del projecte, superior d'un 85% (Figura 5.2.35). Es tracta, per tant, de l'efecte més gran assolit per a una de les espècies exòtiques de l'Estany, gràcies a les campanyes de control de peixos exòtics.

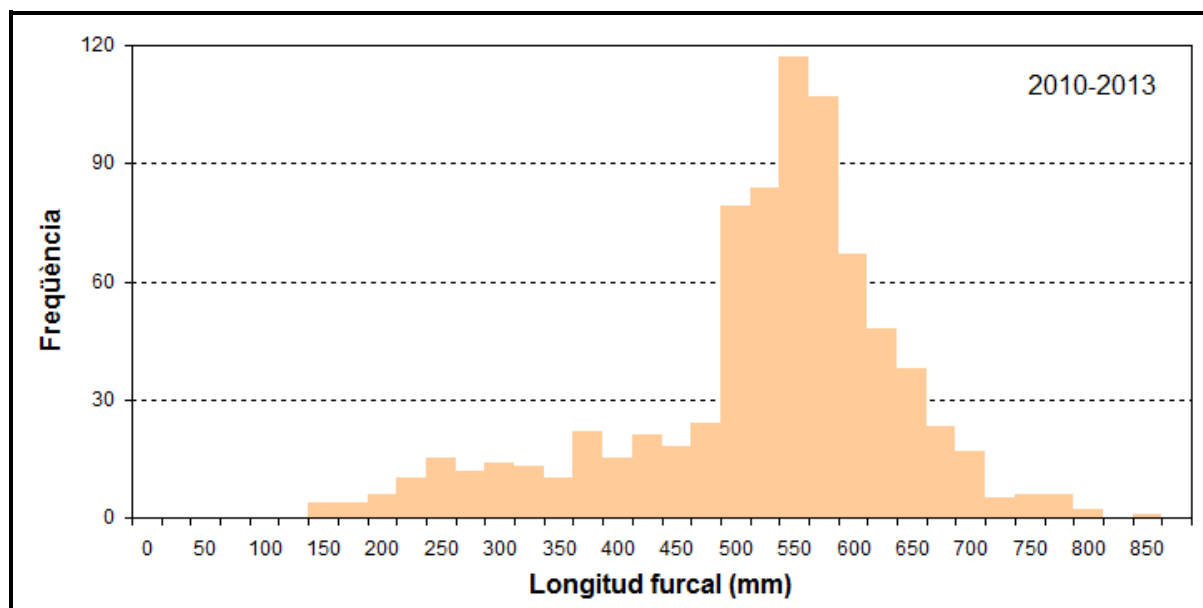


Figura 5.2.33.- Estructures de mides de les captures generals de carpa durant les campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles. Font: Consorci de l'Estany.

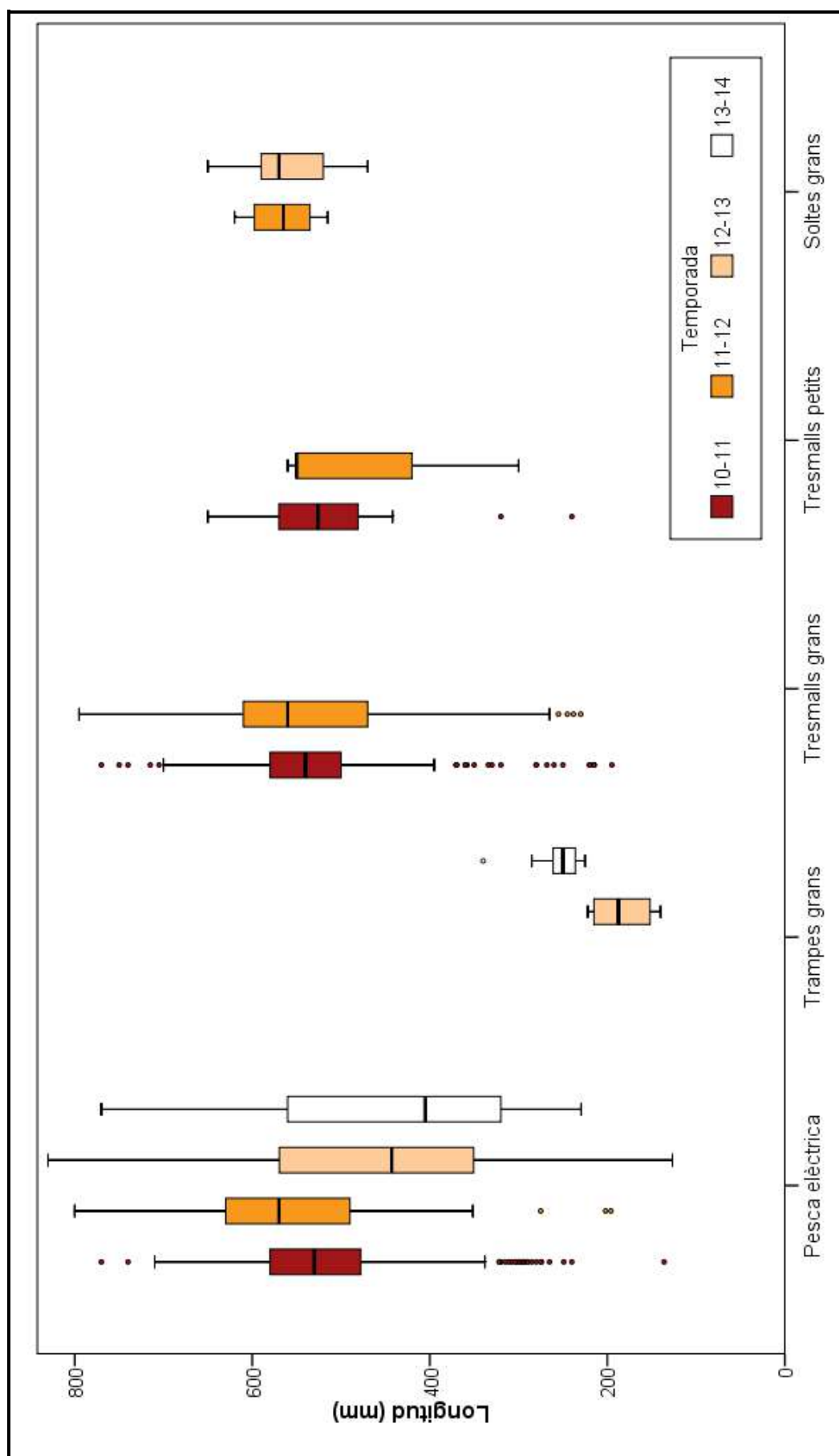


Figura 5.2.34.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la longitud mitjana de les captures de carpa, amb les diverses tècniques de captura emprades. Font: Consorci de l'Estany.

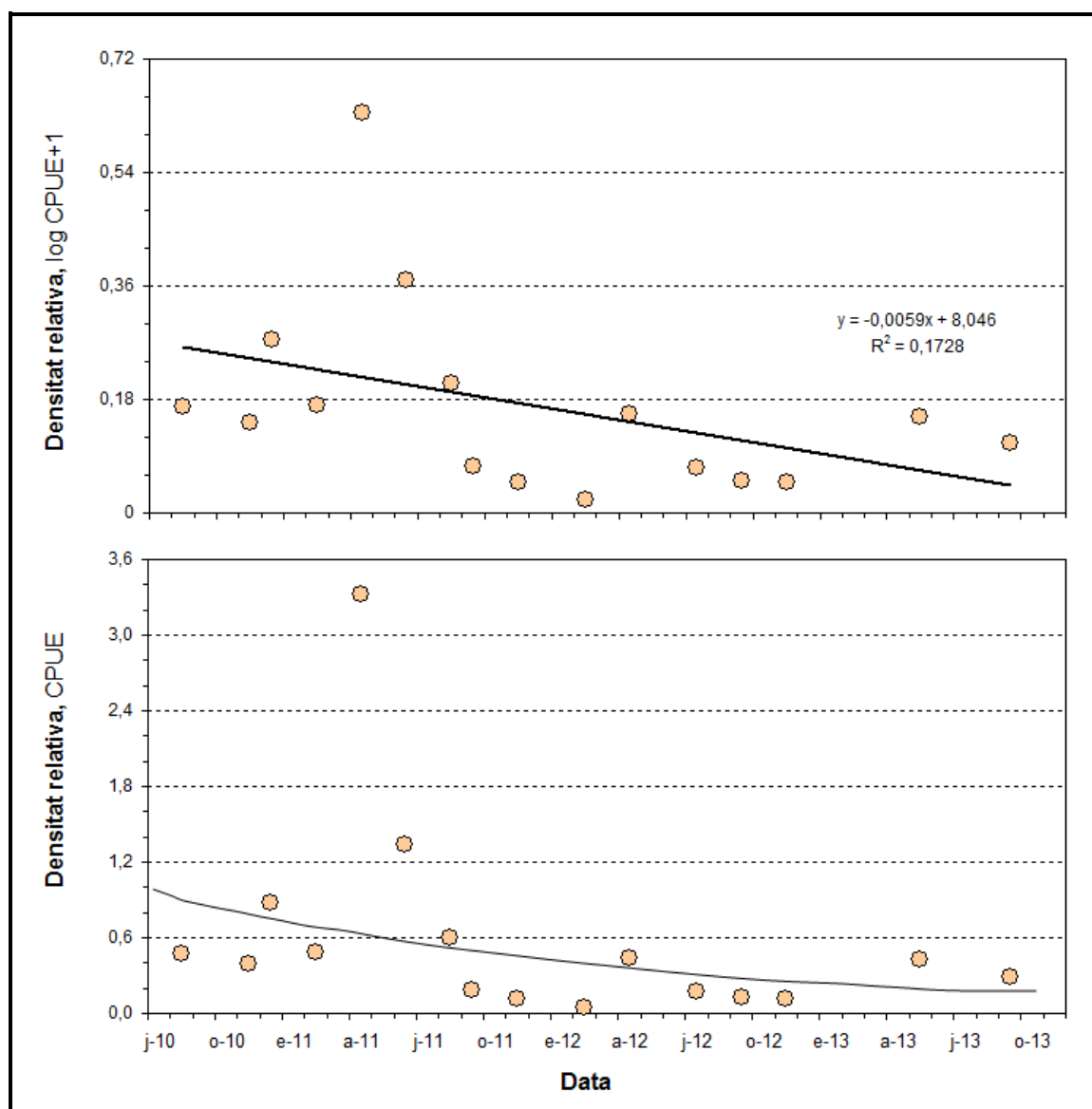


Figura 5.2.35.- Evolució al llarg del període 2010-2013 de la densitat relativa de carpa (amb pesca elèctrica). Les línies representen la recta ajustada per regressió lineal, i s'han afegit com a indicador de tendència temporal central. Font: Consorci de l'Estany.

5.2.8.- ALTRES ESPÈCIES

La resta d'espècies exòtiques detectades a l'Estany són molt escasses o bé no eren objecte de control en aquest projecte. En concret, les dues espècies que no eren objectiu directe han estat la gambúsia i el llopet de riu italià, que ocupen només alguns microhàbitats on no s'ha entrat a pescar regularment degut a què la presència d'altres espècies exòtiques hi és molt esporàdica, bàsicament recs i/o llacunes.

Pel que fa a les espècies menys abundants a l'Estany, però que també havien d'estar sotmeses a control, es tracta sobretot del carpi daurat, el gardí, el barb de l'Ebre, la tenca i el carpi, per ordre d'abundància en les captures globals. Tanmateix, de cap d'aquestes espècies se n'ha capturat més de 10 exemplars en total, fet que indica que la seva presència a l'Estany és, o era, merament testimonial. A més, en tots els casos es tractava d'exemplars de gran mida, i s'han capturat majoritàriament durant la primera meitat del projecte. Per tant, tot apunta que les campanyes de control de peixos exòtics poden haver comportat la seva extirpació de l'Estany, situació que s'anirà comprovant en futurs mostrejos de seguiment, o de campanyes de control.

6.- RESULTATS: ESTANYOL DEL VILAR

6.1.- ESFORÇ I CAPTURES TOTALS

Les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estanyol del Vilar s'han centrat ràpidament en la pesca elèctrica amb embarcació (Taula 6.1), després d'una primera campanya que van incloure l'ús de xarxes, i de comprovar-ne el seu escàs rendiment relatiu en aquesta petita massa d'aigua.

D'acord amb les captures totals obtingudes, el poblament de peixos és molt semblant al de l'Estany, tot i que sembla ser-hi més abundant la perca americana que el peix sol, mentre que altres espècies hi són molt poc abundants o directament no hi són presents, com en el cas del la perca i la sandra respectivament (Taules 6.2 i 6.3, i Figura 6.1).

	ESFORÇ TOTAL (Unitats: Jornals)		
	TÈCNICA DE PESCA		
Campanya de pesca	Pesca elèctrica	Tresmalls	TOTAL
Abril 2011	11,2	1,6	12,8
Novembre 2011	4,8	-	4,8
Maig 2012	6,4	-	6,4
Novembre 2012	8,0	-	8,0
Juny 2013	4,8	-	4,8
Octubre 2013	6,4	-	6,4
TOTAL	41,6	1,6	43,2

Taula 6.1.- Esforç total de pesca de les campanyes de control a l'Estanyol del Vilar, per campanya i tècnica de captura. Font: elaboració pròpia a partir de dades originals.

	Espècie	Tècnica de captura		TOTAL
		Pesca elèctrica	Tresmall	
EXÒTIQUES	Perca americana <i>Micropterus salmoides</i>	7.067	1	7.068
	Peix sol <i>Lepomis gibbosus</i>	3.109	2	3.111
	Perca <i>Perca fluviatilis</i>	6	0	6
	Sandra <i>Sander lucioperca</i>	0	0	0
	Carpa <i>Cyprinus carpio</i>	187	13	200
	Carpí daurat <i>Carassius auratus</i>	0	0	0
	Carpí <i>Carassius carassius</i>	0	0	0
	Gardí <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	0	0
	Barb de l'Ebre <i>Luciobarbus graellsii</i>	2	0	2
	Tenca <i>Tinca tinca</i>	0	0	0
	Llopet de riu italià <i>Cobitis bilineata</i>	0	0	0
	Anguila <i>Anguilla anguilla</i>	10	0	10
AUTÒCTONES	Bagra <i>Squalius laietanus</i>	39	0	39
	Barb de muntanya <i>Barbus meridionalis</i>	2	0	2
	Bavosa de riu <i>Salaria fluviatilis</i>	5	0	5
	Llissa calua <i>Liza ramada</i>	0	0	0
	TOTAL	10.427	16	10.443
Llegenda - Rang d'abundància des les captures (Ind.): > 10⁴ 10³ - 10⁴ 10² - 10³ 10¹ - 10² 10⁰ - 10¹ 0				

Taula 6.2.- Captures totals (Individus) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estanyol del Vilar (2011-2013), per espècie i tècnica de pesca. Font: Consorci de l'Estany.

	Espècie	Tècnica de captura		TOTAL
		Pesca elèctrica	Tresmall	
EXÒTIQUES	Perca americana <i>Micropterus salmoides</i>	139,6	0,22	139,8
	Peix sol <i>Lepomis gibbosus</i>	47,3	0,17	47,5
	Perca <i>Perca fluviatilis</i>	0,34	0	0,34
	Sandra <i>Sander lucioperca</i>	0	0	0
	Carpa <i>Cyprinus carpio</i>	340,1	27,8	367,9
	Carpí daurat <i>Carassius auratus</i>	0	0	0
	Carpí <i>Carassius carassius</i>	0	0	0
	Gardí <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0	0	0
	Barb de l'Ebre <i>Luciobarbus graellsii</i>	5,6	0	5,6
	Tenca <i>Tinca tinca</i>	0	0	0
	Llopet de riu italià <i>Cobitis bilineata</i>	0	0	0
AUTÒCTONES	Anguila <i>Anguilla anguilla</i>	17,8	0	17,8
	Bagra <i>Squalius laietanus</i>	12,8	0	12,8
	Barb de muntanya <i>Barbus meridionalis</i>	0,12	0	0,12
	Bavosa de riu <i>Salvia fluviatilis</i>	0,02	0	0,02
	Llissa calua <i>Liza ramada</i>	0	0	0
TOTAL		563,7	28,2	591,9
Llegenda - Rang d'abundància de la biomassa total capturada (Kg): >10³ 10² - 10³ 10¹ - 10² 10⁰ - 10¹ <10⁰ 0				

Taula 6.3.- Captures en biomassa total (Kg) de les campanyes de control de peixos exòtics a l'Estanyol del Vilar (2011-2013), per espècie i tècnica de pesca. Font: Consorci de l'Estany.

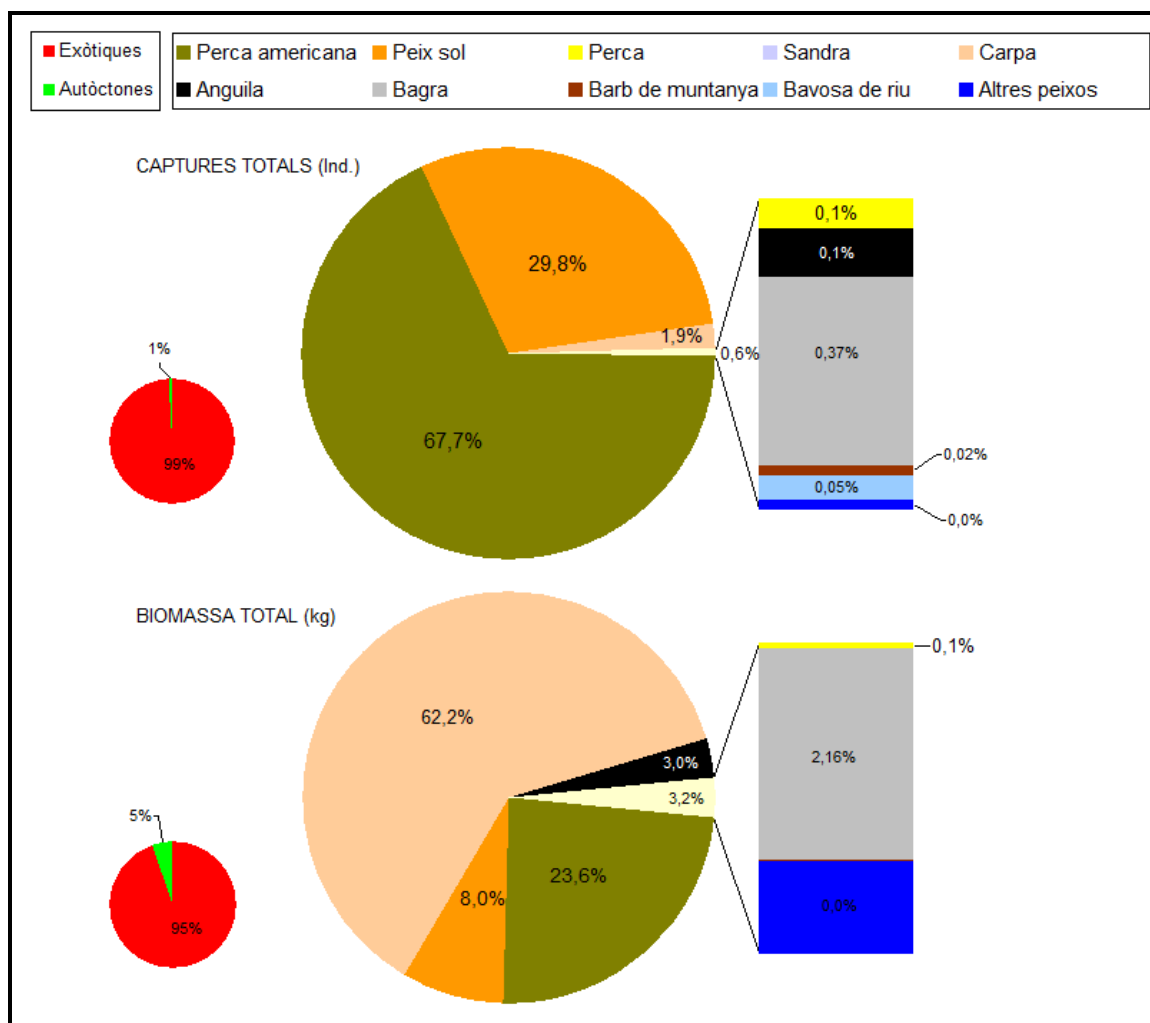


Figura 6.1.- Proporció per espècie de les captures totals a l'Estanyol del Vilar. Font: Consorci de l'Estany.

6.2.- PERCA AMERICANA

En el cas de la perca americana, el control demogràfic o descastament ha tingut un efecte semblant al de l'Estany, però més marcat. Després de la primera campanya ja es va observar un fort rejuveniment de la població, amb una important disminució de la presència relativa d'exemplars 1+ o d'edats superiors, situació que s'ha mantingut i fins i tot incrementant lleugerament al llarg del projecte (Figura 6.2).

A l'estanyol del Vilar, gràcies al fet que durant cada campanya de pesca es duen a terme un mínim de tres voltes senceres al seu litoral, és a dir la realització d'almenys 12 pesques consecutives en pocs dies (el perímetre de l'estanyol s'ha dividit en 4 trams), s'ha pogut aplicar un mètode d'estimació de la població de partida (inicial) per a cada campanya mitjançant regressió lineal, separant per tres grups de mida principals (Figura 6.3). Els resultats globals mostren que s'ha aconseguit una progressiva disminució dels estocs d'exemplars de mida mitjana i gran d'aquesta espècie, amb una reducció central d'un 60%, mentre que els peixos petits (<10cm) han augmentat la seva densitat vora un 100%.

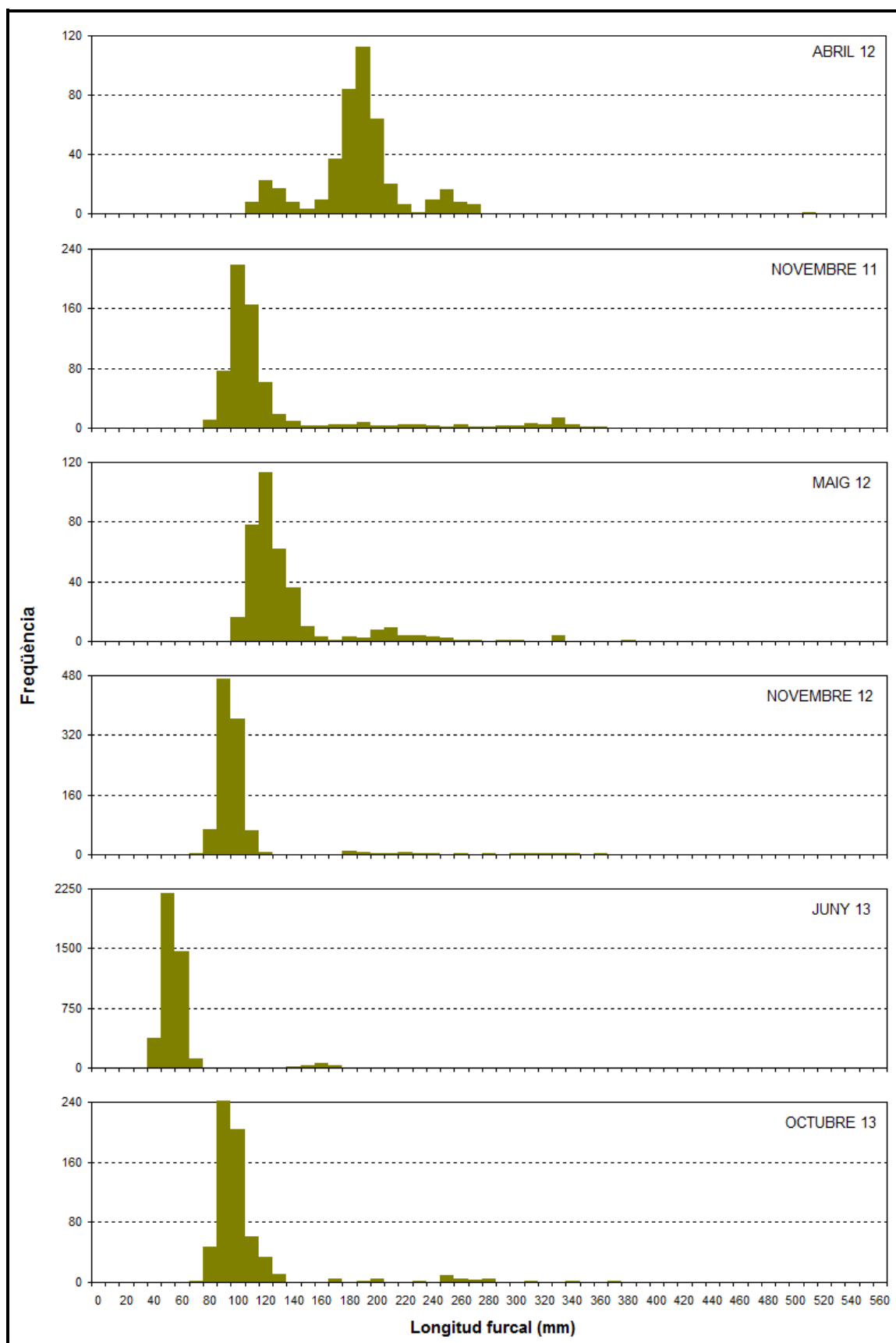


Figura 6.2.- Estructures de mides de la perca americana a l'Estanyol del Vilar. Font: Consorci de l'Estany.

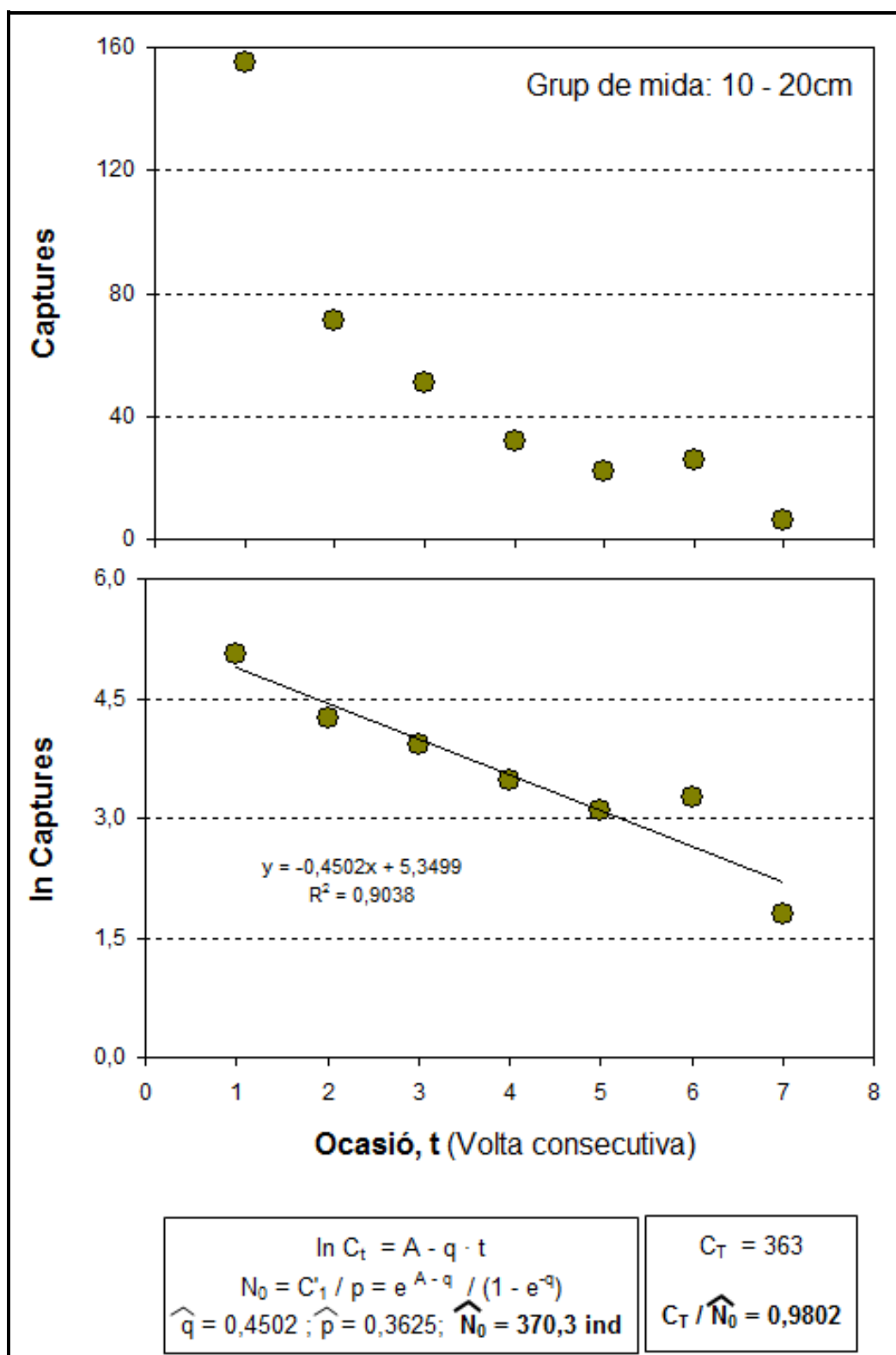


Figura 6.3-A.- Captures de perca americana per ocasió consecutiva de pesca elèctrica durant la campanya d'abril de 2012 a l'Estanyol del Vilar, i estimació per regressió lineal de l'abundància absoluta (població inicial) en aquesta massa d'aigua. Font: Consorci de l'Estany.

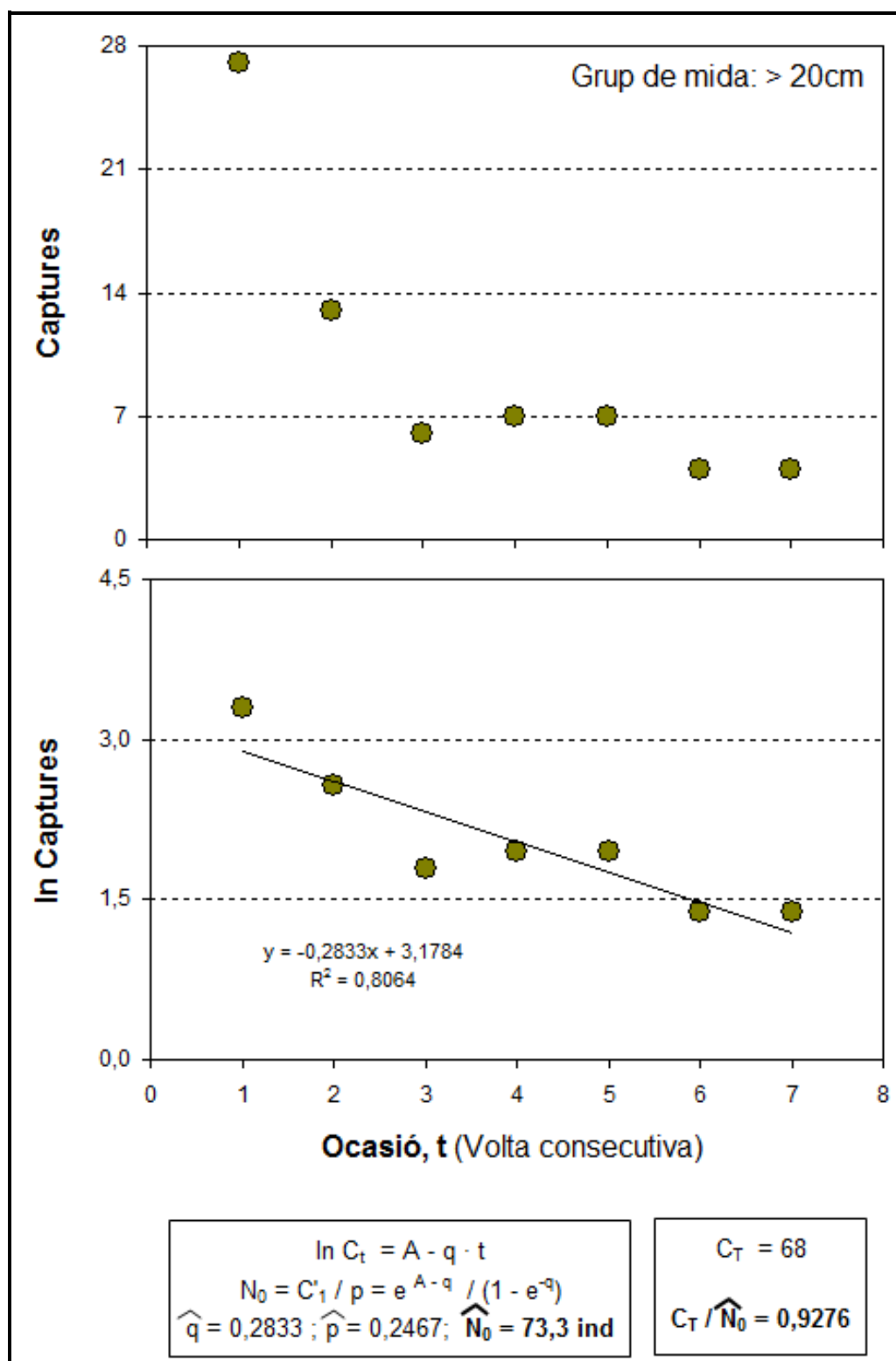


Figura 6.3-B.- Captures de perca americana per ocasió consecutiva de pesca elèctrica durant la campanya d'abril de 2012 a l'Estanyol del Vilar, i estimació per regressió lineal de l'abundància absoluta (població inicial) en aquesta massa d'aigua. Font: Consorci de l'Estany.

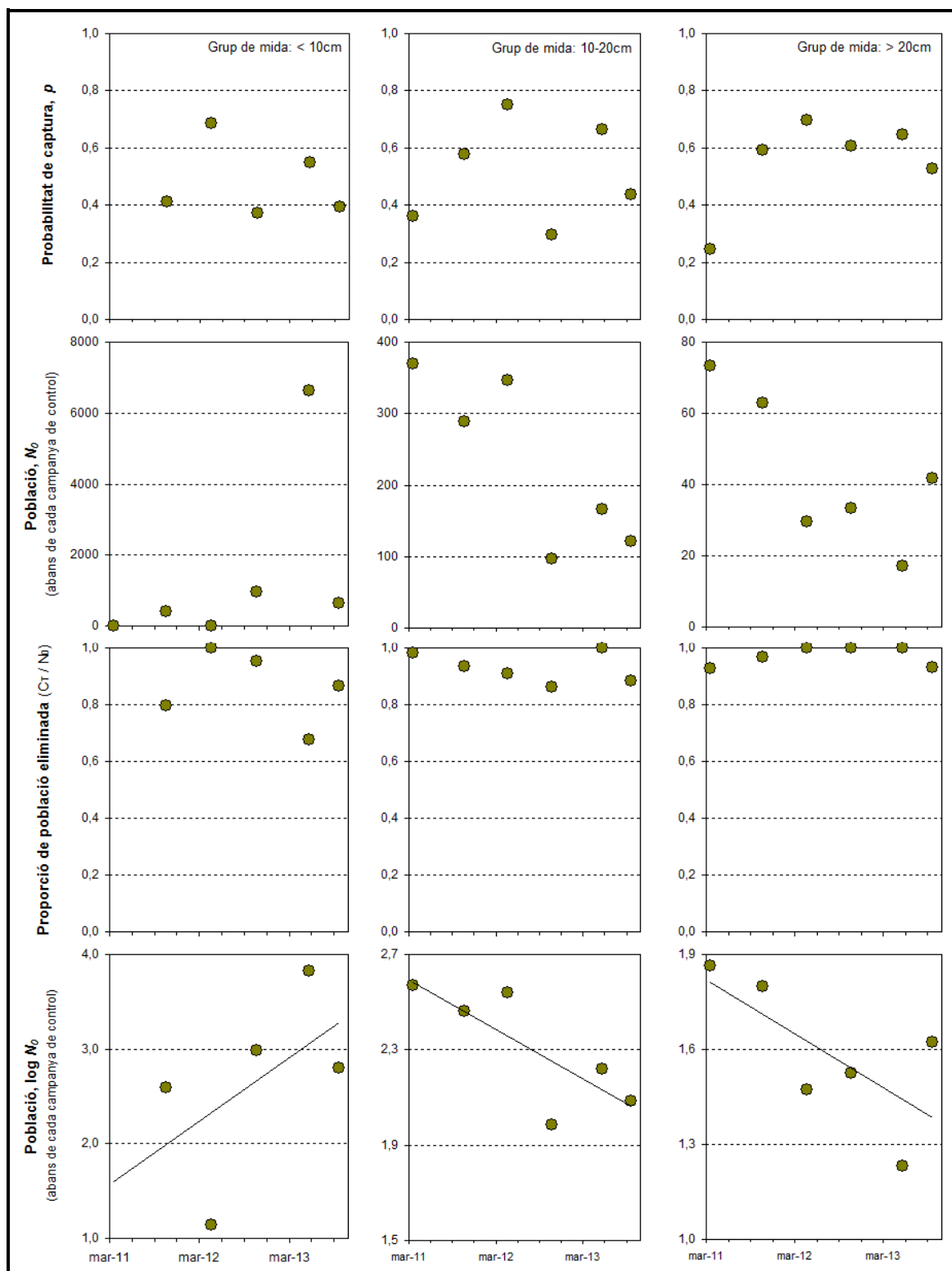


Figura 6.4.- Probabilitat de captura, abundància absoluta (població inicial) i proporció de població eliminada de la perca americana, per campanya de pesca elèctrica a l'Estanyol del Vilar. La línia és una recta ajustada per regressió lineal i s'ha inclòs com a indicació de tendència. Font: Consorci de l'Estany.

6.3.- PEIX SOL

En el cas del peix sol, el control demogràfic o descastament ha tingut un efecte diferent al de l'Estany. Com en el cas de la perca americana, després de la primera campanya també es va observar un fort rejuveniment de la població, amb una important disminució de la presència relativa de grans exemplars, situació que s'ha mantingut i fins i tot incrementant lleugerament al llarg del projecte (Figura 6.5).

L'estimació de la població inicial per a cada campanya, separant per tres grans grups de mida, mostra un cert augment dels exemplars petits i mitjans, de com a molt un 50%, probablement gràcies a la reducció de l'estoc d'exemplars grans de perca americana, però en canvi una forta disminució dels grans, superior al 98% (Figura 6.6).

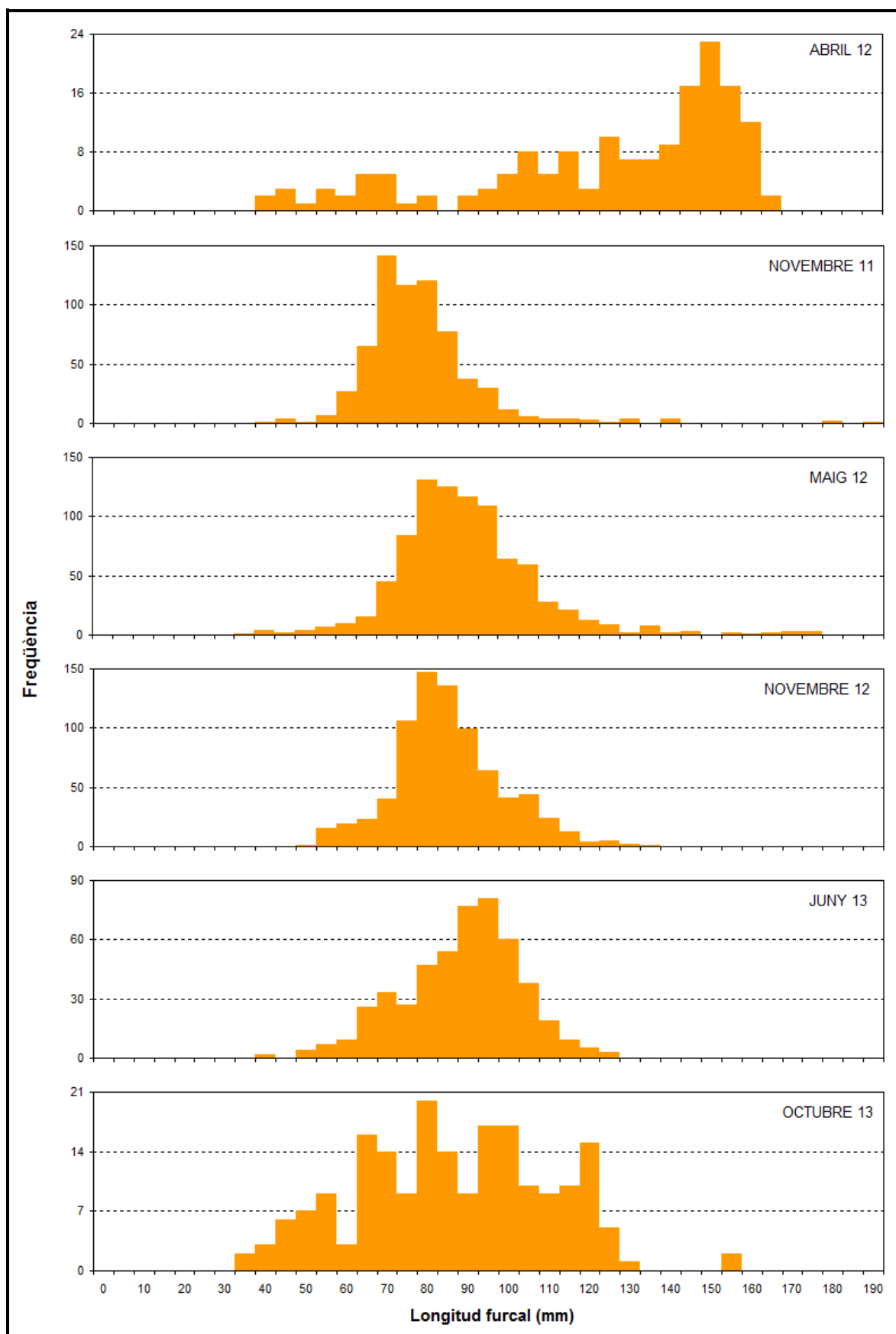


Figura 6.5.- Estructures de mides del peix sol a l'Estanyol del Vilar. Font: Consorci de l'Estany.

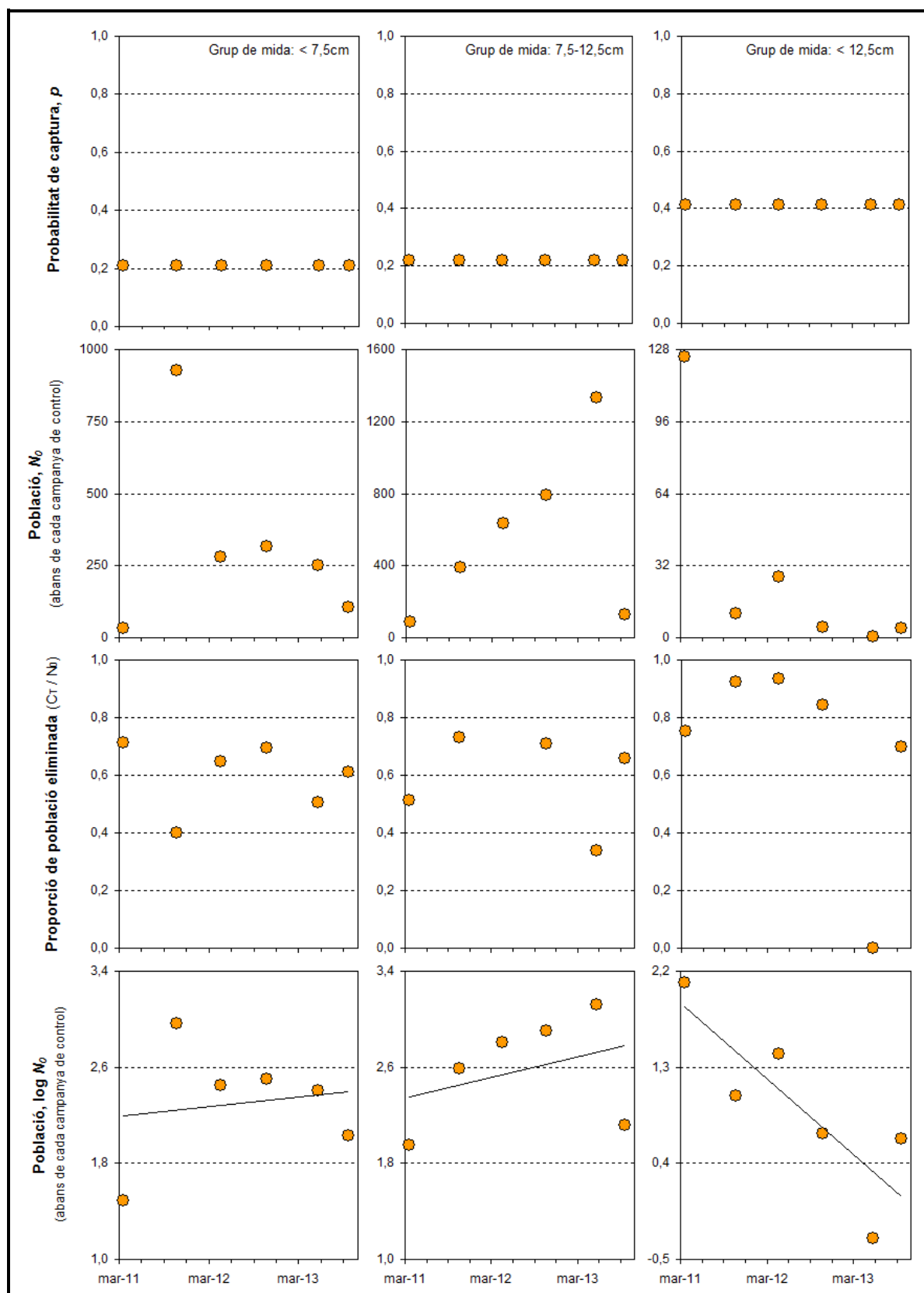


Figura 6.6.- Probabilitat de captura, abundància absoluta (població inicial) i proporció de població eliminada del peix sol, per campanya de pesca elèctrica a l'Estanyol del Vilar. La línia és una recta ajustada per regressió lineal i s'ha inclòs com a indicació de tendència. Font: Consorci de l'Estany.

6.4.- CARPA

La carpa pràcticament ha desaparegut de les captures a l'estanyol del Vilar a partir de la segona campanya. Per altra banda, tant a partir d'aquest fet com de l'estructura de mides de les captures (Figura 6.7), queda clar que no hi recluta i que tots els exemplars capturats provenen probablement d'alliberaments previs a l'inici del projecte.

Per tant, amb una única campanya s'haurien aconseguit eliminar la major part d'exemplars existents (Figura 6.8). La resta haurien estat pescats sobretot en el marc de concursos de pesca esportiva immediatament posteriors, i també de les següents campanyes de pesca elèctrica.

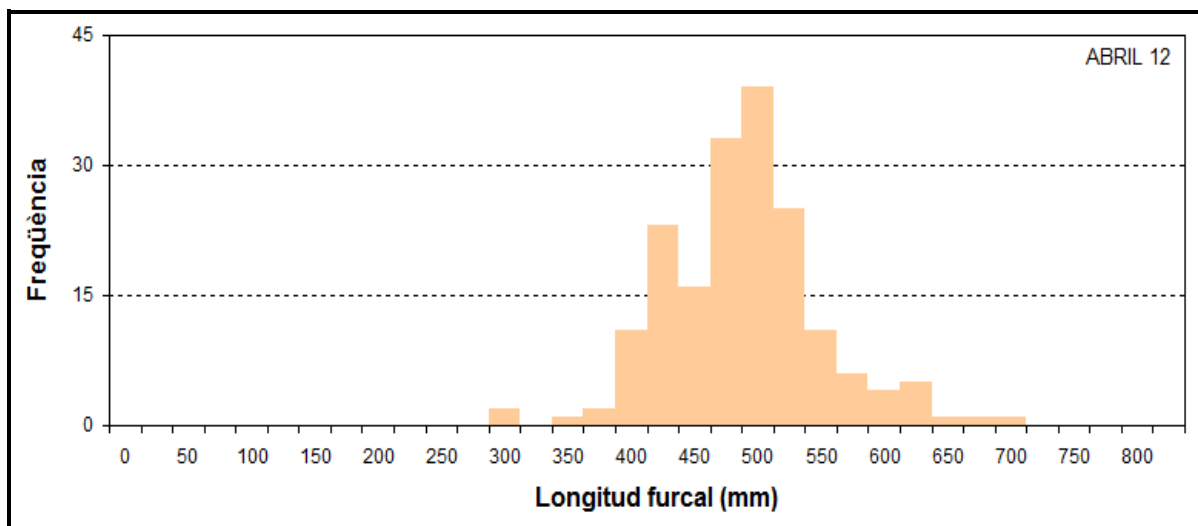


Figura 6.7.- Estructura de mides de la carpa a l'Estanyol del Vilar. Font: Consorci de l'Estany.

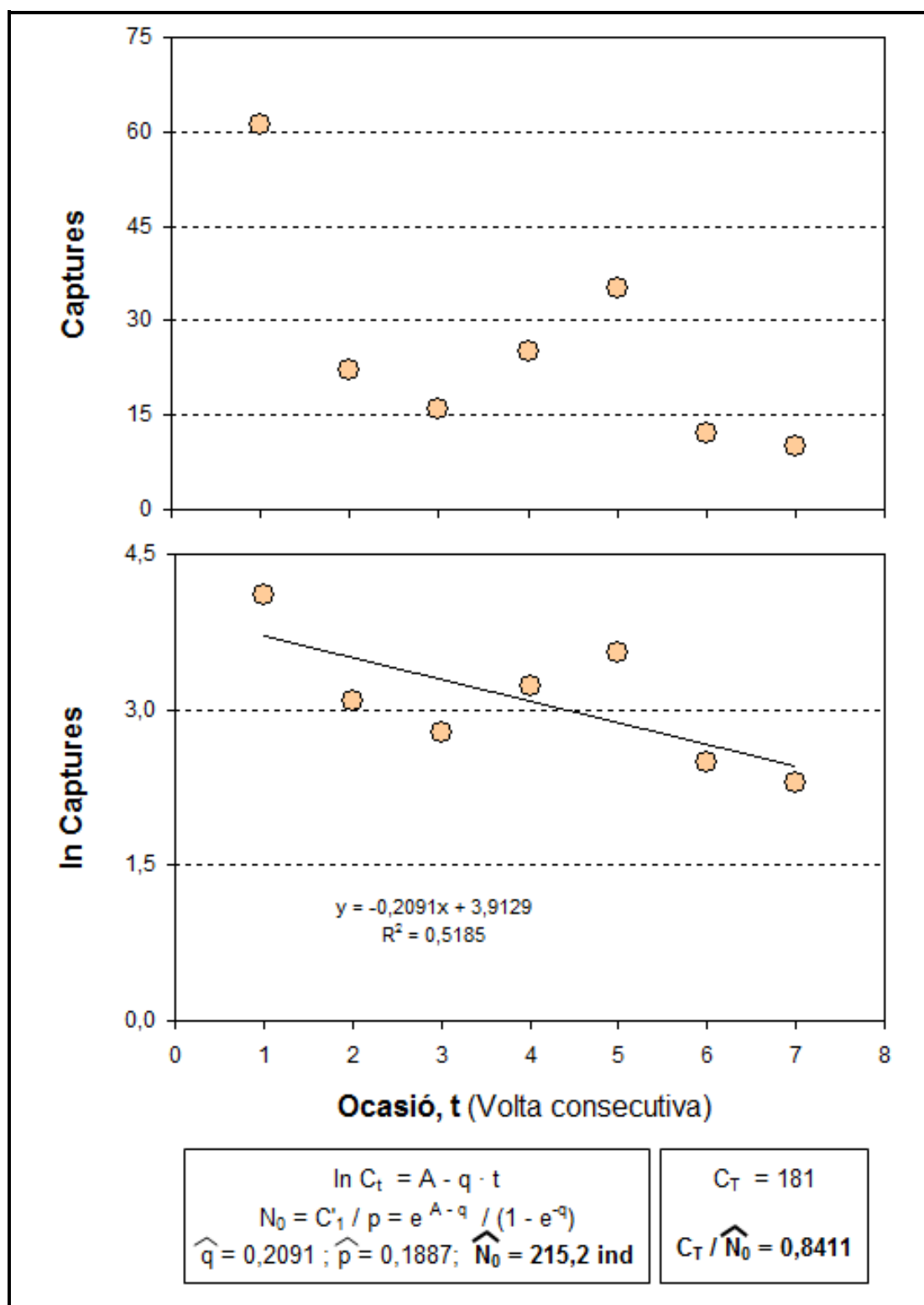


Figura 6.8.- Captures de carpa per ocasió consecutiva de pesca elèctrica durant la campanya d'abril de 2012 a l'Estanyol del Vilar, i estimació per regressió lineal de l'abundància absoluta (població inicial) en aquesta massa d'aigua. Font: Consorci de l'Estany.

7.- CONCLUSIONS

RIERES D'ENTRADA A L'ESTANY

- Les rieres d'entrada a l'estany no constitueixen un hàbitat propici per a l'establiment de grans nuclis estables de peixos exòtics. Excepte la gambúsia, que ha aconseguit colonitzar algun petit tram de la Riera de Can Morgat, la resta d'espècies presents a l'Estany o bé no hi penetren, o bé només ho fan molt ocasionalment alguns exemplars, o com a molt són presents en baixes densitats només al tram més baix del seu curs a la desembocadura a l'Estany.

ESTANY: EFICIÈNCIA DE LES TÈCNiques DE CAPTURA

- Des d'un punt de vista limnològic, l'Estany de Banyoles és un **sistema molt estable**, on les variacions principals del medi són de tipus intranual, és a dir estacional. La principal variació del medi, amb efectes sobre l'eficiència de les tècniques de captura, es dona en la temperatura i la turbolesa de l'aigua, i en menor mesura en la conductivitat de l'aigua que de tota manera es manté sempre dins un rang de valors alts.
- Comparativament, de les diverses tècniques de captura de peixos utilitzades o testades en aquest projecte, la que presenta un major **rendiment de pesca**, és a dir de captures per unitat d'esforç humà (mesurat en jornals), és la pesca elèctrica amb embarcació, seguida per aquest ordre de les trampes grans, els tresmalls, les soltes grans i els palangres. Per espècie, el rendiment màxim de pesca de la perca americana i el peix sol s'assoleix amb la pesca elèctrica. En canvi, per a la carpa i la perca el rendiment de pesca és superior amb les xarxes, per bé que també es capturen amb pesca elèctrica. En el cas de la sandra, el major rendiment s'assoleix amb trampes grans, però a l'Estany també es capturen amb les altres tècniques, excepte amb pesca elèctrica.
- Per a totes les espècies, **l'espectre de mides de les captures** és més ampli, tot i que amb mitjanes inferiors, amb la pesca elèctrica respecte altres tècniques de captura. A l'altre extrem, les soltes grans i els palangres només generen captures de gran envergadura, sobretot de carpa i sandra.
- Pel que fa a la **pesca elèctrica amb embarcació**, s'ha assolit una correcta estandardització del seu procediment operatiu, per bé que s'observa una notable variabilitat en la intensitat de pesca, vinculada a múltiples factors de tipus ambiental, majoritàriament. S'ha dut a terme una acurada descripció dels patrons de variació de l'eficiència de pesca de la perca americana i el peix sol amb aquesta tècnica, que serà de utilitat per a la planificació de futures campanyes. La principal font de variació de l'eficiència de pesca d'aquestes espècies és l'estacionalitat (mes de l'any), tot i que altres factors o variables que l'afecten són el perfil batimètric, el sector de l'estany, la potència del cinyell d'helòfits, l'annualitat, i la temperatura de l'aigua, entre altres. Per

ambdues espècies, a més, tots aquests patrons de variació canvien notablement d'un grup de mida a l'altre.

- Pel que fa a les **xarxes**, l'eficiència de pesca varia molt en funció del tipus concret de xarxa i sobretot de la seva llum de malla, però també de la disposició a l'Estany i de l'espècie. En general, amb tots els tipus de xarxes les captures són més copioses a una fondària intermèdia (5-10m). La seva eficiència, en canvi, sol ser mínima a l'hivern. Les xarxes de llum de malla petita són molt generalistes, i es capturen totes les espècies, encara que amb diferent eficiència. A l'altre extrem, les xarxes de gran llum de malla són una tècnica quasi dirigida específicament a la carpa i la sandra.

ESTANY: CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS

- En total, **més de 117.000 peixos exòtics** han estat capturats i enretirats de l'Estany, corresponents a una biomassa total de 9,5 TM. Les captures s'han repartit entre 11 espècies, tot i que la major part d'exemplars (>99%) corresponen a 5 espècies. Es tracta, per ordre d'abundància, del peix sol, la perca americana, la perca, la carpa i la sandra.
- En el cas de la **perca americana**, s'ha assolit un augment gradual i sostingut de la taxa de mortalitat al llarg del projecte. Això s'ha reflectit en una forta disminució de la densitat relativa dels exemplars grans (>20cm), superior al 80% respecte l'inici del projecte, mentre que la densitat d'exemplars mitjans (10-20cm) s'ha mantingut aproximadament estable, i per contra la dels més petits (<10cm) ha augmentat aproximadament un 20%. En conseqüència, tot i que s'ha observat un augment de la longitud mitjana dels joves d'alguna de les cohorts recents probablement degut a la disminució de la densitat dels grans exemplars, la longitud mitjana de la població general d'aquesta espècie ha anat disminuint al llarg del projecte.
- Pel que fa al **peix sol**, els resultats sobre l'evolució recent de la seva població són poc clars i en tot cas poc consistents entre els diversos mètodes analítics emprats. Aparentment, la seva població s'hauria mantingut força estable tant en densitat com pel que fa a l'estructura de mides; o bé, com a molt, s'hauria produït un cert augment, temporal i no sostingut, de la densitat relativa i de la supervivència. Tant un escenari com l'altre s'hauria produït malgrat la intensa pressió de pesca a la qual s'ha sotmès aquesta espècie, i probablement s'explica per la disminució aconseguida dels grans exemplars de peixos depredadors que regulen la població de peix sol, sobretot de perca americana i potser també de sandra.
- En el cas de la **perca** i la **sandra**, espècies poc abundants a l'Estany però ben establertes, les dades disponibles no permeten determinar quina ha estat l'evolució recent de les seves poblacions, malgrat que han permès obtenir una certa caracterització de la seva estructura poblacional actual a l'Estany.
- Finalment, pel que fa a la **carpa**, s'ha aconseguit el resultat més destacable del control de peixos exòtics, amb una reducció de la seva població global superior al 85%. Aquest resultat s'ha vist afavorit per l'escàs èxit reproductor de l'espècie a l'estany, en part

degut a la introducció de nous criteris de gestió de les masses d'aigua del seu entorn específicament destinats a dificultar-hi l'establiment i el reclutament d'aquesta espècie.

ESTANYOL DEL VILAR: CONTROL INTENSIU DE PEIXOS EXÒTICS

- En total, s'hi han capturat i enretirat més de 10.000 peixos exòtics, corresponents a una biomassa total de 0,6 TM. Les captures s'han repartit entre 5 espècies, tot i que la major part d'exemplars (>99%) corresponen a 3 espècies: perca americana, peix sol i carpa, per ordre d'abundància.
- En el cas de la perca americana, s'ha aconseguit una disminució gradual dels estocs d'exemplars mitjans i grans, fins assolir una reducció central del 60%; en canvi, els exemplars petits (<10cm) d'aquesta espècie han duplicat la seva densitat absoluta. Pel peix sol, s'ha aconseguit una reducció superior al 50% de l'estoc des grans exemplars (>12,5cm), mentre que la densitat dels exemplars de mida petita i mitjana ha augmentat. La carpa ha estat pràcticament eradicada de l'estanyol, gràcies al fet que no s'hi reproduïx de forma efectiva, fet que no li ha permès compensar les captures acumulades en el marc de les campanyes de control.

8.- RECOMANACIONS DE GESTIÓ I CRITERIS DE PLANIFICACIÓ DE NOVES CAMPANYES DE CONTROL DE PEIXOS EXÒTICS

RECOMANACIONS DE GESTIÓ DE L'ESPAI NATURAL

A continuació s'aporta una relació, per blocs tipològics, de recomanacions generals de gestió a tenir en compte per a seguir progressant en la mitigació dels efectes dels peixos exòtics i altra fauna aquàtica exòtica sobre la biodiversitat i funcionament dels ecosistemes de l'Estany de Banyoles, i per a la recuperació i la conservació dels peixos autòctons i altra fauna aquàtica autòctona:

Gestió de la pesca

- Mantenir la pesca amb mort de les espècies exòtiques.
- Mantenir i si cal intensificar la vigilància sobre aquesta activitat, i especialment sobre les actuacions il·lícites i amb major risc, com ara l'ús d'esquer viu o d'aparells prohibits, o bé el trasllat de peixos vius d'una banda a l'altra.
- Evitar l'accés dels pescadors a sectors del litoral on la pesca no és permesa, i evitar la seva entrada a l'aigua, pràctica actualment prohibida.
- Realitzar campanyes de conscienciació sobre els valors originals de l'Estany, especialment sobre el poblament de peixos i d'altra fauna aquàtica.

Actuacions de conservació

- Recuperació de la connectivitat fluvial de l'Estany amb la conca del riu Terri, mitjançant la construcció de dispositius de passos per a peixos en punts estratègics dels recs de sortida.
- Supervisió tècnica per part d'especialistes de qualsevol projecte o intervenció que afecti directament als hàbitats dels peixos de l'Estany i la resta de petites masses d'aigua del seu entorn.
- Millores puntuals estratègiques d'hàbitats litorals de l'Estany adequats per a les espècies autòctones.
- Gestió de les masses d'aigua somes (recs i llacunes) més properes a l'Estany, encaminada a evitar l'establiment o el reclutament massiu d'espècies exòtiques, i molt en especial de la carpa, mitjançant l'establiment de barreres de peixos en punts estratègics, o bé a través d'una gestió del nivell d'aigua tendent a afavorir la dessecació temporal i recurrent.

Usos esportius i de lleure

- Evitar el bany descontrolat que ocasionalment encara es produeix en sectors on no està permès.
- Limitar l'accés d'embarcacions recreatives, com ara piragües o barques de passeig, al litoral.

Seguiment i estudi del poblament de peixos

- Sense un coneixement precís de l'objectiu de gestió no es pot fer una planificació adequada d'aquesta mateixa gestió. Per tant, resulta imprescindible la realització, almenys, de campanyes de seguiment i monitoratge de les poblacions de peixos de l'Estany, inclosos els exòtics. També seria desitjable incrementar el coneixement, mitjançant estudis específics puntuals, sobre alguns aspectes relacionats amb la biologia i l'ecologia a la zona de les espècies més abundants, o bé, en el cas de les autòctones, de les més amenaçades. Alhora, s'hauria de seguir experimentant amb nous mètodes i procediments per a maximitzar l'eficiència del control de peixos exòtics.

CRITERIS DE PLANIFICACIÓ DE NOVES CAMPANYES DE CONTROL DE PEIXOS EXÒTICS

A continuació es sintetitzen els principals criteris a tenir en compte en la planificació de futures campanyes de control de peixos a l'Estany de Banyoles i el seu entorn, a fi d'aconseguir mantenir, o fins i tot millorar, els resultats assolits al llarg del projecte Estany:

- ESPÈCIE DE REFERÈNCIA PRINCIPAL: Perca americana.
- ESPÈCIES DE REFERÈNCIA SECUNDÀRIES: Peix sol, carpa, perca i sandra.
- TÈCNICA DE PESCA PREFERENT: Pesca elèctrica amb embarcació.
- TÈCNiques DE PESCA COMPLEMENTÀRIES: Grans trampes i palangres.
- ESFORÇ DE PESCA (MÍNIM ANUAL): 2 campanyes senceres de pesca elèctrica amb barca, cada una al llarg de tot el litoral de l'Estany; 15 jornades de pesca amb palangre (100 hams per dia, mín.); 6 mesos de pesca passiva amb grans trampes (10 trampes, mín.); 1 campanya de pesca elèctrica a l'estanyol del Vilar, de tres jornades.
- ESFORÇ DE PESCA (ÒPTIM ANUAL): 4 campanyes senceres de pesca elèctrica amb barca, cada una al llarg de tot el litoral de l'Estany; 25 jornades de pesca

Seguiment de peixos exòtics de l'Estany de Banyoles (LIFE NAT/E/000078)

amb palangre (100 hams per dia, mín.); 6 mesos de pesca passiva amb grans trampes (25 trampes, mín.); 2 campanyes de pesca elèctrica a l'estanyol del Vilar, de tres jornades.

- ÈPOCA DE PESCA (ÒPTIMA): pesca elèctrica: d'abril a juliol; palangres i grans trampes: maig a setembre.
- ÈPOCA DE PESCA (SUBÒPTIMA): pesca elèctrica: d'agost a novembre; palangres i grans trampes: abril i octubre.

L'aplicació d'aquests criteris sempre ha de ser d'acord amb protocols més amplis que entrin a precisar amb detall procediments, tècniques, cronogrames, etc. Com a referència bàsica es prendrà el protocol preparat específicament en el marc d'aquest projecte per al control de peixos exòtics, si més no mentre no sigui revisat i actualitzat.

10.- BIBLIOGRAFIA

- DOADRIO, I. (ed). 2001. *Atlas y libro rojo de los peces continentales de España*. CSIC-Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- DOADRIO, I., PEREA, S., GARZÓN-HEYDT, P., GONZÁLEZ, J. L. (2011). *Ictiofauna Continental Española. Bases para su seguimiento*. Dirección General Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid. 610 pp.
- GARCÍA-BERTHOU, E. 1994. *Ecologia alimentària de la comunitat de peixos de l'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- GARCÍA-BERTHOU, E. & MORENO-AMICH, R. 2000. Introduction of exotic fish into a Mediterranean lake over a 90-year period. *Arch. Hydrobiol.*, 149: 271-284.
- IUCN (01/11/2012). *Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org>
- KOTTELAT M. y FREYHOF J. 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- MORENO-AMICH, R., GARCÍA-BERTHOU, E., VILA, A. & BOIX, D. 1992. *Estudi de les poblacions piscícoles de l'Estany de Banyoles. Avaluació y distribució espacial*. Informe a l'Ajuntament de Banyoles. 90 p.
- MORENO-AMICH, R., POU-ROVIRA, Q., VILA-GISPERS, A., ZAMORA, L., & GARCIA-BERTHOU, E. 2006. Fish ecology in Lake Banyoles (NE Spain): a tribute to Ramon Margalef. *Limnetica* 25(1-2): 321-334.
- POU-ROVIRA, Q. 1998. *Avaluació de tècniques de mostreig y disseny mostral per a un estudi d'ecologia de poblacions dels peixos a l'estany de Banyoles*. Treball de Recerca. Universitat de Girona.
- POU-ROVIRA Q. 2004. *Ecologia demogràfica de la perca americana (Micropterus salmoides) a l'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.
- POU-ROVIRA Q., VILA N. y L. ZAMORA 2005. *Els Peixos de l'Estany de Banyoles*. Col·lecció guies de natura de l'Estany. Banyoles.
- POU-ROVIRA Q., FEO, C., GASCÓN, S., SALA, J., BOIX, D., CLAVERO, M. y L. ZAMORA 2007. Estat de conservació de la bavosa de riu (*Salaria fluviatilis*) y les nàiades al Pla de l'Estany. *Informe final. Edició 2005 beca Joaquim de Palmada i Teixidor*. Consell Comarcal del Pla de l'Estany i Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles
- POU-ROVIRA Q., CAMPOS, M. i I. CAMÓS 2012. *Diagnosis del estado de conservación del fraile (Salaria fluviatilis) en el lago de Banyoles, y seguimiento de actuaciones*. Consorci de l'Estany. Informe per a la Fundación Biodiversidad en el marc del projecte "Conservación del fraile (*Salaria fluviatilis*) y otras especies amenazadas de fauna acuática en el lago de Banyoles".
- SOSTOA, A., APARICIO, E., CASALS, F., OLMO, J.M., VARGAS, M.J. i VINYOLÉS, D. 1995. *Estat actual de les poblacions de peixos continentals en perill d'extinció a Catalunya*. Informe del Departament de Biologia Animal, Facultat Biologia, (Universitat de Barcelona) per al Dept. de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.
- SOSTOA, A. et al. 1990. *Història natural dels Països Catalans. 11. Peixos*. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- VILA-GISPERS, A. 1996. *Estratègies reproductives de les espècies íctiques de les famílies Cantrarchidae y Cyprinidae a l'Estany de Banyoles*. Tesis doctoral. Universitat de Girona.

VILA-GISPert, A. Y MORENO-AMICH, R. 1998. Seasonal abundance and depth distribution of *Blennius fluviatilis* and introduced *Lepomis gibbosus*, in Lake Banyoles (Catalonia, Spain). *Hydrobiologia*, 386: 95-101.

ZAMORA, L. i POU-ROVIRA, Q. 2003. Noves introduccions i poblament actual de peixos a l'Estany de Banyoles. *Butlletí de la Institució d'Història Natural*, 71: 135-139.

ZAMORA, L. 2004. *Distribució espacial i ús de l'hàbitat de la comunitat de peixos a l'estany de Banyoles*. Tesi doctoral. Universitat de Girona.